

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Strojní inženýrství, Katedra robotiky

Analýza a úprava stanice pro lepení a klipsování dílů

**Analysis and Modification of the Glue Application
and Clipping Station**

Student:

Bc. Milan Macek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Milan Macek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Analýza a úprava stanice pro lepení a klipsování dílů**
Analysis and Modification of the Glue Application and Clipping Station
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte aktuální stav technologie robotického lepení a klipsování.
2. Analyzujte stávající pracoviště s manuálním nanášením lepidla. Celé pracoviště a proces na něm prováděný popište.
3. Navrhněte varianty řešení robotizace vybraného pracoviště.
4. Vybranou variantu detailně rozpracujte včetně výběru robotu, návrhu periferních zařízení a zabezpečení pracoviště dle platných norem.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a dokumentaci k pracovišti dle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

BURKOVIČ, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-248-1869-6.

PALKO, A., SMRČEK, J. *Robotika, Koncové efekторы pre priemyslné a servisné roboty, Navrhovanie – Konštrukcia - Riešenia*. 1. vydání. Košice: TU v Košiciach, 2004. 274 s. ISBN 80-8073-218-3.

NOVÁK, P. *Průmyslové řídicí systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2000. 104 s. ISBN 80-7078-733-3.

ČSN EN ISO 10218-2 (186502) *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 2: Systémy robotů a integrace*

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji že, jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne: 18.5.2020


.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práci, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem, VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne: 18.5.2020



.....
Podpis studenta

Bc. Milan Macek

Přílepy 156

Holešov 769 01

Anotace

Bc. Macek, M. *Analýza a úprava stanice pro lepení a klipsování dílů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2019, 96 stran. Vedoucí práce: Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá možnostmi automatizace manuální stanice, kde na jednotlivé plechy karoserie automobilu operátoři nanášejí lepidlo a poté je zakládají do výrobního procesu. Po založení, jsou díly operátory zaklipsovány a následuje robotické svařování. Úkolem této práce je, aspoň částečně tento proces zautomatizovat a navrhnout vhodné řešení.

Práce obsahuje podrobný popis stávajícího řešení a popisuje jednotlivé technologie. Navrženy byly dva možné způsoby zautomatizování celého procesu, z nichž jeden byl zvolen na základě vybraných kritérií. Vybrané řešení je zde podrobně rozpracováno.

Klíčová slova: Robotické lepení; automatizace lepení v automobilovém průmyslu; klipsování v automobilovém průmyslu; návrh robotického pracoviště

Annotation

Bc. Macek, M. *Analysis and Modification of the Glue Application and Clipping Station: diploma thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2019, 96 p. Vedoucí práce: Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.

The diploma thesis deals with the possibilities of automation of a manual station, where operators apply glue to individual sheets of the car body and then put them into the production process. Once set up, the parts are clipped by the operators and robotic welding follows. The task of this work is to at least partially automate this process and propose a suitable solution.

The work contains a detailed description of the current solution and describe the various technologies. Two possible ways to automate the whole process were proposed, one of which was selected on the basis of selected criteria. The selected solution is elaborated in detail here.

Key words: Robotic gluing; automation of gluing in the automotive industry; clipping in the automotive industry; design of robotic workplace

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	11
1 Úvod.....	12
2 Teorie.....	13
2.1 Lepení v automobilovém průmyslu	13
2.2 Dostupné možnosti robotického nanášení lepidla	15
2.3 Přesnost polohování robota při lepení	19
2.4 Klipsování v automobilovém průmyslu.....	21
2.5 Rešerše podobných realizovaných pracovišť.....	24
3 Analýza a rozbor výrobního procesu.....	26
3.1 Výrobek	26
3.2 Popis jednotlivých variant výrobku	27
3.3 Obecný popis výrobní oblasti	31
3.4 Materiálový tok řešené oblasti.....	33
3.5 Přehled stanic a popis činností prováděných operátory	35
3.6 Kontrola kvality	41
4 Rozbor a popis technologické procesu.....	42
4.1 Analýza lepicího plánu	42
4.2 Analýza míst klipsování.....	46
4.3 Přesun výrobku mezi pracovními stanicemi	48
5 Soupis základních požadavků na pracoviště.....	50
5.1 Specifikace hlavních funkcí robotizovaného pracoviště.....	51
5.2 Doplnující otázky k robotizovanému pracovišti	51
5.3 Požadavkový list	53
6 Návrh variant robotizovaného pracoviště.....	56
6.1 Varianta A.....	56
6.1.1 Koncepce varianty	56

6.1.2	Materiálový tok výrobního zařízení	58
6.1.3	Přehled stanic a popis činností prováděných operátorem/robotem	60
6.1.4	Cenová kalkulace.....	64
6.1.5	Logika a časový sled operací varianty.....	65
6.1.6	Předpokládané parametry varianty	67
6.2	Varianta B	69
6.2.1	Koncepce varianty	69
6.2.2	Materiálový tok výrobního zařízení	71
6.2.3	Přehled stanic a popis činností prováděných operátorem/robotem	73
6.2.4	Cenová kalkulace.....	74
6.2.5	Logika a časový sled operací varianty.....	75
6.2.6	Předpokládané parametry varianty	76
7	Vyhodnocení navržených variant robotizace řešené oblasti	78
8	Podrobné rozpracování varianty B.....	80
8.1	Výběr jednotlivých prvků	80
8.2	Bezpečnostní koncept vybrané varianty	85
8.3	Volba jednotlivých prvků	88
9	Možnost rozšíření vybrané varianty	92
10	Závěr	93
	Seznam použité literatury	94
	Seznam příloh	96

Seznam obrázků

Obr. 1 Lepený spoj v lemu bočních dveří [1].....	13
Obr. 2 Nanášení lepidla tlakovou tryskou od firmy SCA a DÜRR [2,3].....	14
Obr. 3 Nanášení lepidla rotační tryskou, tzv. E-Swirl [3].....	14
Obr. 4 Robot s efektorovou lepičkou.....	15
Obr. 5 Efektorová lepička.....	16
Obr. 6 Pumpa od firmy SCA.....	17
Obr. 7 Řídicí skříň od firmy SCA.....	17
Obr. 8 Konstrukční řešení dávkovače firmy SCA.....	18
Obr. 9 Sondová tryska, housenková tryska, tryska pro metodu E-swirl.....	18
Obr. 10 Způsob řízení polohy robota PTP [8].....	19
Obr. 11 lineární interpolace [8].....	20
Obr. 12 Lineární pohyb robota při svařování metodou MIG [11].....	20
Obr. 13 Popis jednotlivých os robota [10].....	20
Obr. 14 Průběh vzniku spoje klipsováním [12].....	21
Obr. 15 Spojení dvou plechů pomocí klipsování [12].....	21
Obr. 16 Robotický klipsovací nástroj [12].....	22
Obr. 17 Ruční klipsovací nástroj [12].....	22
Obr. 18 Příklad klipsování dílu 3V5.817.159.....	23
Obr. 19 1) Klipsovací jazýček po založení příčnicku do karoserie, 2) Klipsovací jazýček po přihnutí kladivem, příčník musí po přihnutí klipsovací jazýčku být nadále volně posuvný	23
Obr. 20 Klipsovací nástroj robotického manipulátoru.....	23
Obr. 21 Pracoviště zakládání dílů vnější postranice.....	24
Obr. 22 Pracoviště zakládání dílů střechy.....	25
Obr. 23 Rozpad jednotlivých dílů SK482.....	27
Obr. 24 Rozpad jednotlivých dílů SK482.A.....	28
Obr. 25 Rozpad jednotlivých dílů SK481.....	29
Obr. 26 Rozpad jednotlivých dílů SK481.A.....	30
Obr. 27 Výrobní stanice řešené oblasti-původní varianta.....	32
Obr. 28 Materiálový tok řešené oblasti-původní varianta.....	34
Obr. 29 Stanice 4010.....	35
Obr. 30 Stanice 7010.....	36
Obr. 31 Stanice 4020.....	37
Obr. 32 Znázornění pohybu operátora WA01.....	38
Obr. 33 Příklad časového diagramu pro operátora WA01.....	39
Obr. 34 Grafické vyhodnocení jednotlivých úkonů operátora WA01.....	40
Obr. 35 Plán lepení dílu levé vnitřní postranice SK481 pro pracovníky WA01 a WA03.....	42
Obr. 36 plán lepení dílu levé vnitřní postranice SK482 pro pracovníky WA01 a WA03.....	43
Obr. 37 Ukázka nanesení lepidla na pozice 01_4 (AMV 167 W10, pevnostní lepidlo) a 01_7 (AMV 153 W24, těsnící lepidlo).....	44
Obr. 38 Označení jednotlivých míst pro klipsování na postranici.....	46
Obr. 39 Pohon válečkového dopravníku s motorem na kraji.....	48
Obr. 40 a) Zařízení pro fixaci polohy podlahy karoserie, b) válečkový dopravník, c) skid, d) karoserie.....	49
Obr. 41 Výrobní stanice řešené oblasti-varianta A.....	57
Obr. 42 Porovnání změny dopravníků s původním řešením a) původní řešení, b) Varianta A.....	58
Obr. 43 Materiálový tok řešené oblasti-varianta A.....	59

Obr. 44 Stanice 4020	60
Obr. 45 Stanice 7010	62
Obr. 46 Stanice 4030	63
Obr. 47 Logika a časový sled operací varianty A.....	66
Obr. 48 Výrobní stanice řešené oblasti-varianta B.....	70
Obr. 49 Materiálový tok řešené oblasti-varianta A	72
Obr. 50 Stanice 4030	73
Obr. 51 Logika a časový sled operací varianty A.....	75
Obr. 52 Příklad paletové věže, konstrukce CHS	80
Obr. 53 Příklad palety. Konstrukce ŠA	81
Obr. 54 Příklad 7.osy robota od firmy FEE [13]	81
Obr. 55 Robot firmy ABB, IRB 7600-325/3.10 [14]	82
Obr. 56 Příklad interfejsu, konstrukce CHS	82
Obr. 57 Pumpa, firma SCA [6].....	83
Obr. 58 Příklad dávkovače, firmy SCA [6]	84
Obr. 59 Bezpečnostní okruhy řešené oblasti	85
Obr. 60 Koncept zabezpečení řešeného pracoviště	86
Obr. 61 Výpočet minimální bezpečné vzdálenosti.....	87
Obr. 62 Oplocené pracoviště systém QUICK-GARD [16]	88
Obr. 63 Bezpečnostní multifunkční dveřní systém MGB [17].....	89
Obr. 64 Roletové dveře firmy Albany RP300USD [18]	89
Obr. 65 Roletové dveře firmy Albany RP300 [18]	89
Obr. 66 Bezpečnostní spínač firmy MPM2-11R [16]	90
Obr. 67 Světelná závora C4000 Standard ATEX II 3G/3D [15].....	90
Obr. 68 Laserový skener S300 PROFINET IO Professional [15].....	91
Obr. 69 Rozvržení možného rozšíření řešeného pracoviště	92

Seznam tabulek

Tab. 1 Popis jednotlivých dílů výrobku SK482	27
Tab. 2 Popis jednotlivých dílů výrobku SK482.A	28
Tab. 3 Popis jednotlivých dílů výrobku SK481	29
Tab. 4 Popis jednotlivých dílů výrobku SK481.A	30
Tab. 5 Parametry lepících ploch	43
Tab. 6 Parametry lepících ploch	44
Tab. 7 Požadavkový list zpracovaný formou tabulky	53
Tab. 8 Cena jednotlivých komponent varianty A	64
Tab. 9 Nároky na spotřebu el. energie varianty A	67
Tab. 10 Nároky na spotřebu stlačeného vzduchu varianty A	67
Tab. 11 Pravidelná údržba varianty A	68
Tab. 12 Cena jednotlivých komponent varianty B	74
Tab. 13 Nároky na spotřebu el. energie varianty B	76
Tab. 14 Nároky na spotřebu stlačeného vzduchu varianty B	76
Tab. 15 Pravidelná údržba varianty B	76

1 Úvod

V dnešní době je již běžným standardem integrovat automatizované nebo aspoň částečně automatizované prvky do výrobních procedur. Správně navržené robotizované pracoviště by mělo snížit výrobní náklady, zvýšit kvalitu a maximalizovat produkci. Tím pak lze celý výrobní proces zefektivnit, čímž dojde ke zvýšení konkurenceschopnosti produktu na trhu. U robotických aplikací s podporou vhodných periferních zařízení jsme schopni docílit velké přesnosti a opakovatelnosti práce.

Oblast řešená v této práci je součástí svařovací linky karoserie osobního automobilu. Do oblasti vstupuje kompletně svařená podlaha finálního produktu. K dispozici je rozvržení stávajícího pracoviště a obrazové pracovní návody, z nichž se bude v práci vycházet.

Cílem této práce je analyzovat stávající pracoviště a proces na něm prováděný. Popsat dostupné principy a možnosti nanášení lepidla robotem na plechy karoserie. Navrhnout možné varianty robotizace řešení vybrané oblasti. Zvolenou variantu podrobně rozpracovat. Výsledky této práce by měly snížit výrobní takt a umožnit navýšení kapacity výroby.

2 Teorie

2.1 Lepení v automobilovém průmyslu

Technologie lepení spočívá ve vzájemném spojení dvou ploch materiálu, pomocí lepidla. Převážná většina lepidel je při aplikaci v kapalném stavu a výslednou pevnost spoje ovlivňuje nejvýrazněji přilnavost lepidla k povrchu, soudružnost lepidla a pevnost materiálu.

Výhody [1]:

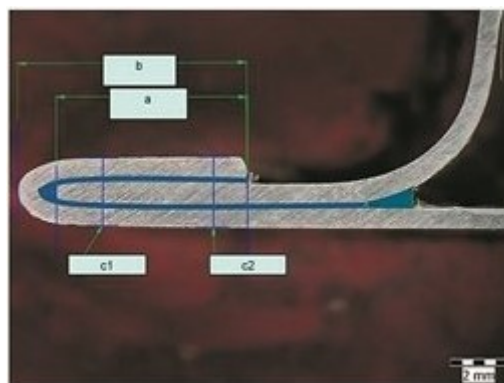
- Vysoká pevnost
- Těsnost spojů
- Korozivzdornost
- Spojování hybridních substrátů
- Dobré izolační, vibrační, elektrické vlastnosti

Nevýhody:

- Vysoká citlivost na technologické podmínky (např. mastnota)
- Nepřesnost ve vzájemné poloze spojovaných součástí
- Teplota prostředí

Druhy lepidel pro karoserie

V konstrukci karoserie se využívají kaučuková lepidla pro spojení a utěsnění povrchů plechů s výztuhami, např. spojení vnitřních výztuh kapoty nebo střechy, kde se využije tlumících a antivibračních vlastností těchto lepidel. Jsou také aplikována na místa, která jsou vystavena korozi, např. hrany plechů. [1]



Obr. 1 Lepený spoj v lemu bočních dveří [1]

Další skupina lepidel je na bázi epoxidových pryskyřic. Díky svým pevnostem navyšují celkovou tuhost karoserie. Mezi typické aplikace patří lemový spoj panelových dílů dveří nebo soubor lepených oblastí v podlahových částech karoserie. Vynikají dobrou přilnavostí, vysokou teplotou skelného přechodu a mohou se aplikovat i na mastné povrchy. [1]

Většina lepidel je na bázi jednokomponentních materiálů. Tvrdidlo je smícháno a rozpuštěno v pryskyřici. Aktivace tvrdidla poté probíhá za zvýšených teplot, kterých karoserie dosahuje při lakování a jeho vypalování. Jedná se přibližně o 180°C, při výdrži asi 20 minut. Po průchodu karoserie lakovnou dochází k aktivaci tvrdidla a vytvoření pevných adhezních i kohézních vazeb. Dvoukomponentní lepidla se v prostředí výroby karoserie používají zřídka. [1]

Samotná aplikace lepidla probíhá prostřednictvím nanášecích tlakových trysek. Housenka lepidla se nanáší na povrch materiálu a následně dochází k robotickému slepení. Manuální technologie byla pro svou nepřesnost téměř vytlačena. V současné době se využívá nanášení lepidla na povrch rotační tryskou. V této technologii existují dva principy docílení rotace housenky a to, stlačený vzduch nebo pomocí elektrostatického pole. Druhá varianta umožňuje více redukovat množství a vhodnost distribuce lepidla, tzv. E-Swirl. [1]



Obr. 2 Nanášení lepidla tlakovou tryskou od firmy SCA a DÜRR [2,3]

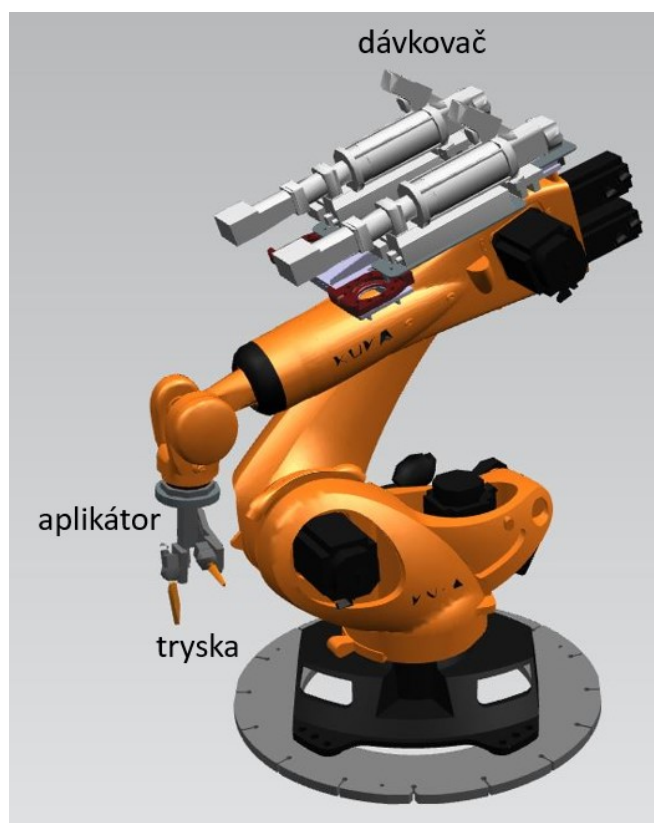


Obr. 3 Nanášení lepidla rotační tryskou, tzv. E-Swirl [3]

2.2 Dostupné možnosti robotického nanášení lepidla

Možnosti nanášení lepidla přímo na díl využívané v automatizovaných linkách jsou v principu dvě. První možnou variantou je, využití stacionárních lepicích stanic. A to tak, že robot polohuje díl přímo pod trysku nanášející lepidlo. Dávkování je prováděno řídicí skříní a dávkovačem. Druhá varianta spočívá v tom, že je díl upnut v přípravku a robot nanáší lepidlo pomocí efektorové lepičky. Potřebné komponenty pro proces automatizovaného lepení jsou: pumpa, řídicí skříň, dávkovač ($0^\circ, 90^\circ$), aplikátor a tryska. Lepidla se dělí na studená a teplá, teplotu zajišťuje pumpa. [6,7]

Pro více informace k technologii lepení byl osloven zástupce firmy SCA, zástupcem firmy byla poskytnuta prezentace s vhodnými komponenty využitými při projektech pro koncern VW.

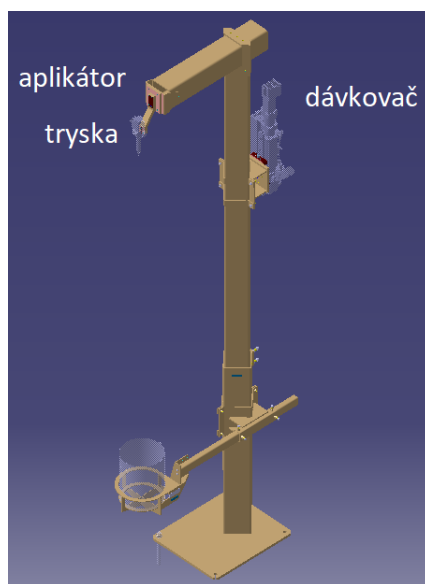


Obr. 4 Robot s efektorovou lepičkou

Na rameni robota je přidělán dávkovač, v tomto případě na dva různé typy lepidel, pro každé lepidlo je samostatná tryska, nelze použít pouze jednu trysku. Toto řešení se používá tam kde robot pouze lepí, např. u operací kde se nanáší velké množství lepidla. Jeden robot je

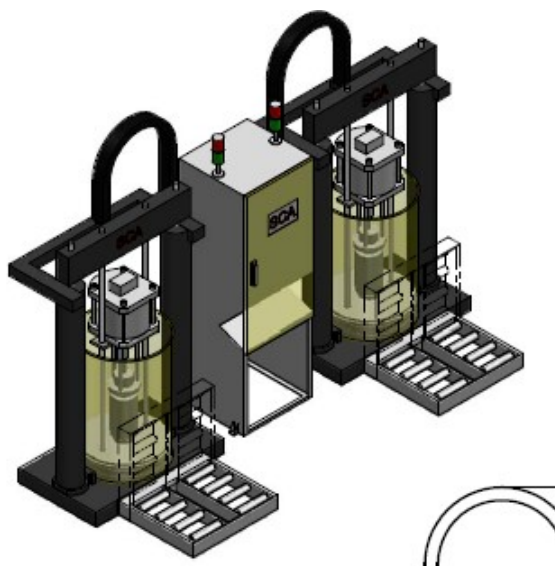
využíván pouze k manipulaci a druhý pouze k nanášení lepidla. Největší problém u tohoto řešení bývá v omezené pohyblivosti robota vzhledem k přívodu lepidla. [4]

Princip stacionární lepičky je v tom, že robot polohuje pomocí manipulátoru díl pod trysku nanášející lepidlo. Konstrukce je napevno ukotvena k zemi, jedná se o konstrukci sestavenou z jednotlivých svařenců, výšku konstrukce lze uzpůsobit prostředí. Stojan umožňuje posouvat jednotlivé komponenty, dle potřeby. Součástí konstrukce je kbelík, kde odkapává lepidlo při nečinnosti.



Obr. 5 Efektorová lepička

Pumpa je zařízení, jejíž hlavní funkcí je dopravení lepidla do dávkovalče. Tento typ nabízí možnost využití dvou typů lepidla, Barel s lepidlem je umístěn v krajní části zařízení a postupně je jeho víko stlačováno pneumatickým válcem. Lze využít různé objemy nádob s lepidlem, standardně 30,50,100,200 litrů vzhledem k potřebě. Pumpa udržuje stálou teplotu lepidla. Pro velké nádoby se k výměně barelu s lepidlem využívá válečková dráha. [6]



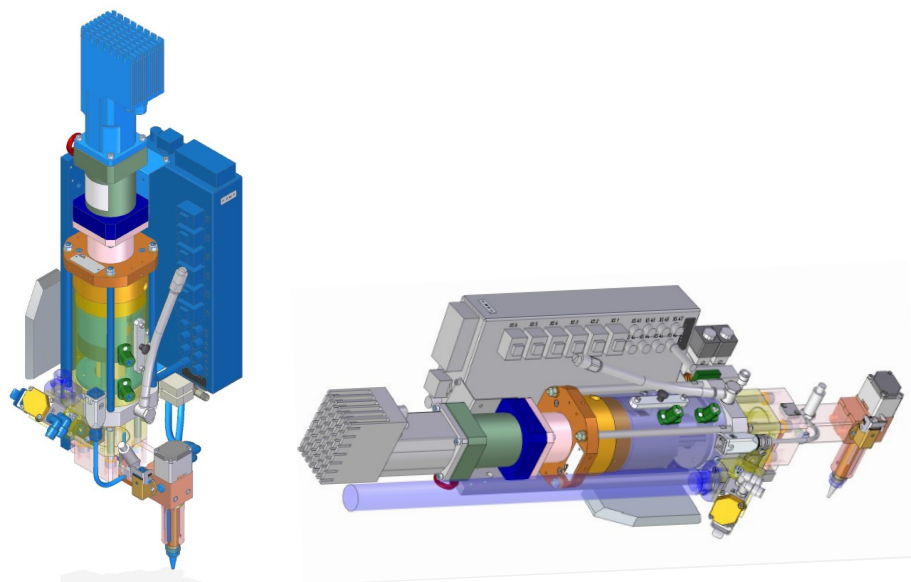
Obr. 6 Pumpa od firmy SCA

Řídicí skříň slouží k řízení dávkování lepidla a ovládá dávkovač, také určuje, jaký typ lepidla je právě vytlačován, tímto typem skříně lze řídit až 2 dávkovače. Nelze využít jeden dávkovač na dva typy lepidla, každý dávkovač využívá pouze jeden typ lepidla. Komunikace řídicí skříně probíhá standardně přes ProfiNet LWL, což je průmyslová komunikační sběrnice určená pro řídicí systémy v oblasti průmyslové automatizace. [6]



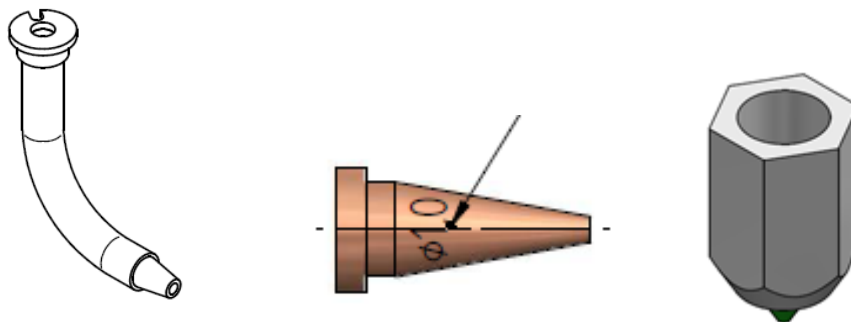
Obr. 7 Řídicí skříň od firmy SCA

Dávkovač lze pořídit v různých velikostech, záleží na potřebném výtlačném množství lepidla, standardně 20, 80, 160, 400 cm³/s. Dávkovač lze umístit vodorovně nebo svisle. Přitom tryska bude směřovat stejným směrem. Standardní tlak je 240 barů. [7]



Obr. 8 Konstrukční řešení dávkovače firmy SCA

Aplikátor, je na konci dávkovače. Aplikátor by měl být dokonale těsný, což klade největší nároky při jeho výrobě. Je na něm našroubována tryska, typ trysky pak záleží na potřebné technologii nanášení nebo dostupnosti místa, velikost trysky se může lišit. Sondová tryska se používá v případě, špatně dostupných míst pro nanášení. Housenková tryska je nejvíce rozšířeným typem, průměry těchto trysek se pohybují v rozmezí 1-10 [mm]. Vyráběny jsou ze slitin mědi. Tryska pro E-swirl má průměr v rozmezí 0,4-1,4 mm. [5,6]

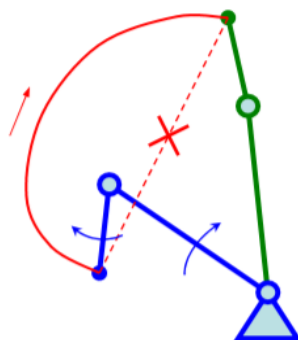


Obr. 9 Sondová tryska, housenková tryska, tryska pro metodu E-swirl

2.3 Přesnost polohování robota při lepení

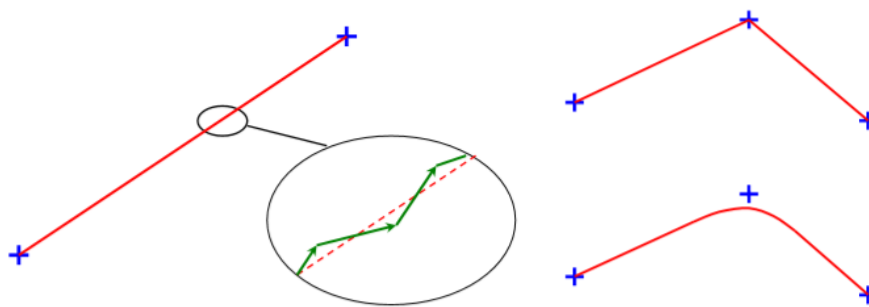
Při lepení je kladen důraz na přesnost nanesení lepidla, lepidlo se totiž nanáší i do míst, kde je potřeba nanést lepidlo na lem plechu nebo dílu viz. obr. 1, je tedy nutno při programování robota myslet na možnou přesnost jeho polohování. Pohyb robota po dráze lze čtyřmi možnými druhy, kdy lze přejet koncovým efektozem z bodu A do bodu B.

- PTP-point to point, robot se pohybuje po nejrychlejší dostupné dráze, kterou si sám přepočítá. Mohlo by se zdát, že to bude přímá dráha, ale vzhledem k tomu že využívá rotační klouby se bude jednat většinou o kružnici, u které se postupně zvětšuje její poloměr. Využívá se při volné přejezd, kde je volný prostor. Dělí se na synchronní a asynchronní, u synchronního pohyby začínají a končí současně. U asynchronního začnou současně a konají se maximální rychlostí, takže každý končí jinak. [9]



Obr. 10 Způsob řízení polohy robota PTP [8]

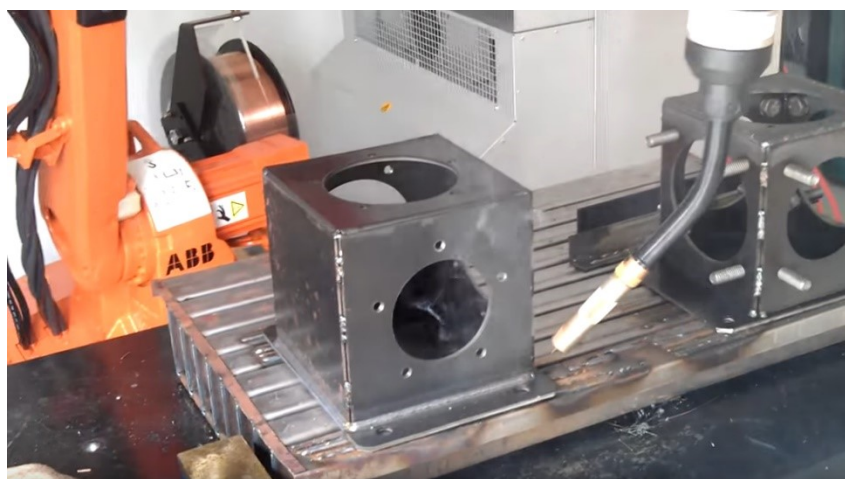
- LINE-lineární pohyb, TCP se pohybuje po přímce, ale výsledný pohyb je složen z koordinovaného pohybu různých kloubů. Hodnoty těchto poloh nejsou uloženy v paměti, ale řídicí systém si je vypočítává každých 5-10 milisekund, nové hodnoty pro stanovení další polohy. Robot při tomto pohybu nedosáhne maximální rychlosti, využívá se pro přesné geometrické tvary, např. tedy u lepení, či svařování MIG. Pohyb lze uskutečnit s přesným najížděním do polohy nebo korigovat určitým rádiusem. [9]



Obr. 11 lineární interpolace [8]

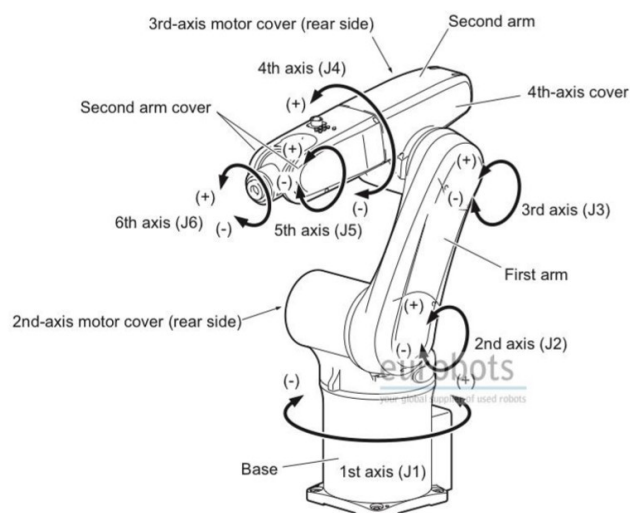
- CIRC-kruhový pohyb, TCP se pohybuje po kruhové dráze. Kruhová dráha je určena třemi body. Počátečním, cílovým a pomocným bodem. [9]

Příklad využití lineárního pohybu robota při svařování metodou MIG



Obr. 12 Lineární pohyb robota při svařování metodou MIG [11]

Popis jednotlivých os robota:



Obr. 13 Popis jednotlivých os robota [10]

2.4 Klipsování v automobilovém průmyslu

Automatizace montáže, hromadné dodávky materiálu, náklady na upevnění a úsporu energie, při tváření plechů jsou mnohostranné. Výrobci se musí spolehnout na inovativní postupy spojování z ekonomického hlediska. Proces spojování za studena je pro tento účel vysoce účinný. Během klipsování jsou plechy, které mají být spojeny, spojeny silově v kontinuálním procesu tváření. S tímto procesem lze spojit širokou škálu materiálů, a to bez poškození povrchu. V procesu klipsování vytlačujeme materiál do formy. Plasticou deformací a zpětným tokem materiálu tvoří spoj podříznutí pro vytvoření přídržné síly. [12]



Obr. 14 Průběh vzniku spoje klipsováním [12]

Výhody:

- Spojovat lze odlišné materiály
- Studený spoj bez deformace
- Není zapotřebí přídavného materiálu
- Silná spojení
- Žádné poškození povrchu



Obr. 15 Spojení dvou plechů pomocí klipsování [12]

Klipsované spoje dosahují vysokých statických přídržných sil, a to až 70 % bodového svaru. Při spojování nedochází k poškození povrchu, jedná se tedy o bez korozivní spoj. Spoje

mají stálou dynamickou pevnost ve srovnání s bodovým svařováním. To umožňuje, aby pevnost spoje zůstala konstantní během různých zatěžovacích cyklů. Ve srovnání s bodovým svařováním je klipsování přibližně o 40% levnější, pokud jde o investice, provozní náklady a nástrojové náklady. Toho je dosaženo díky dlouhé životnosti nástrojů, nízkých provozních nákladech a vysokému stupni automatizace. Po klipsování nenásleduje další zpracování. Náklady lze také snížit vícebodovými nástroji. Výměna nástroje se provádí u běžné oceli po cca. 410000 spojích, u hliníku přibližně po 3500000 spojích. Klipsováním lze spojovat plechy do tloušťky 12 mm. [12]

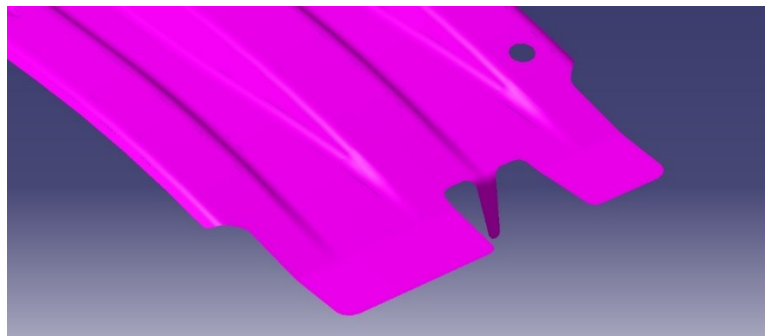


Obr. 16 Robotický klipsovací nástroj [12]



Obr. 17 Ruční klipsovací nástroj [12]

Klipsování, lze také použít v případě, spojení dvou plechů, před samotným svařováním. Příčníky střechy jsou pouze nasazeny na postranice a poté jsou zaklipsovány, aby nedocházelo k možnému posunutí, např. při přejezdu skidu mezi stanicemi. Klipsování tedy neplní pevnostní, nýbrž spoj montážní. Klipsování se provádí ohnutím malého jazýčku vyčnívajícího z kontury plechu.



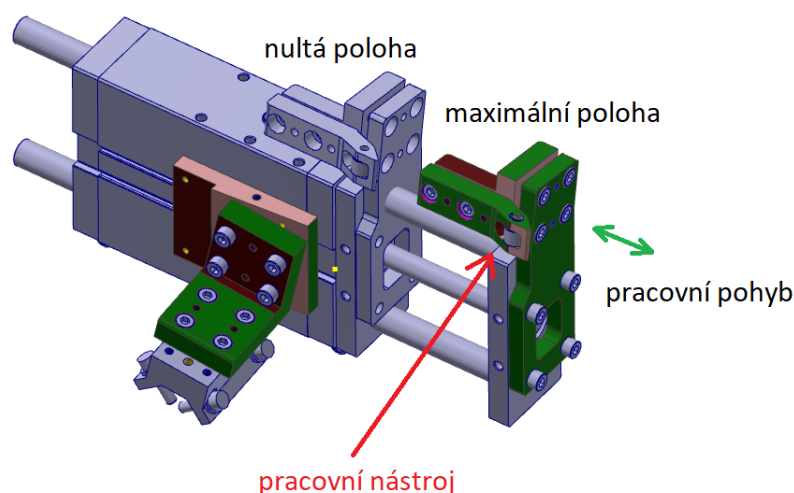
Obr. 18 Příklad klipsování dílu 3V5.817.159

Klipsování může být provedeno operátorem výrobního zařízení, pomocí manuálního nářadí nebo pomocí zařízení na manipulátoru. Díl, který je zaklipsovaný, je do určité míry pohyblivý. Roboticky lze provádět klipsování dílů pomocí mechanismu na manipulátoru, který tento díl zakládá. Na obr. 18 je zobrazen klipsovací jazýček příčnicku střechy karoserie.



Obr. 19 1) Klipsovací jazýček po založení příčnicku do karoserie, 2) Klipsovací jazýček po přihnutí kladivem, příčník musí po přihnutí klipsovací jazýčku být nadále volně posuvný

Celková přesnost robotického klipsovacího nástroje umístěného na manipulátoru a jeho pracovního pohybu by neměla přesahovat toleranci 0,05 mm, aby byla zaručena přesnost při klipsování. V tomto případě se jedná o pneumatický válec značky FESTO. Příklad pracovního nástroje robotického klipsování, pomocí manipulátoru je zobrazen na obr. 20.



Obr. 20 Klipsovací nástroj robotického manipulátoru

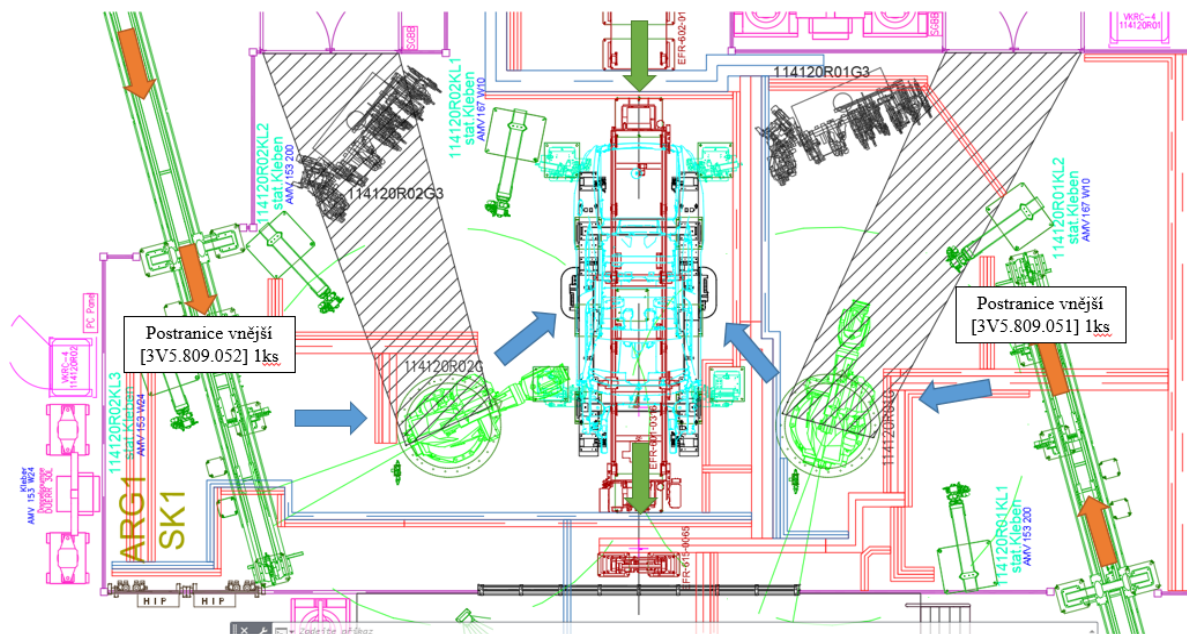
2.5 Rešerše podobných realizovaných pracovišť

Pracoviště pro zakládání dílů vnější postranice

Jedná se o Robotickou stanici, kde se lepí a zakládá vnější postranice na vnitřní postranici, klipsování probíhá až po nanesení lepidla. Plech se v této stanici klipsuje ve dvou místech. Nosná část, tj. podlaha se svařenými postranicemi a příčníky, je přepravena pomocí skidu do stanice. Jednotlivé díly postranice vnější jsou dopravovány do výrobního procesu pomocí dopravníků, na kterých jsou zavěšeny. Výrobní stanici obsluhují dva roboti, každý robot má svůj manipulátor, který zajišťuje i operaci klipsování. Nanášení lepidla na jednotlivé díly je zajištěno pomocí stacionárních lepicích stanic.

Robot vyjme díl z dopravníku, poté nanese lepidlo na požadovaná místa. Zde se používají tři typy lepidla. Poté díl založí a zaklipsuje. Celý výrobní proces se zde obejde bez zásahu člověka do procesu. Díly vnějších postranic jsou pomocí dopravníku přepravovány napřímo z pracovišť kde se svařují.

Zelenou šipkou je zde znázorněn pohyb skidu s nosnou částí. Oranžovou šipkou je znázorněn přísun jednotlivých dílů do výrobního procesu. Modrou šipkou je naznačen přesun při zakládání jednotlivých dílů.



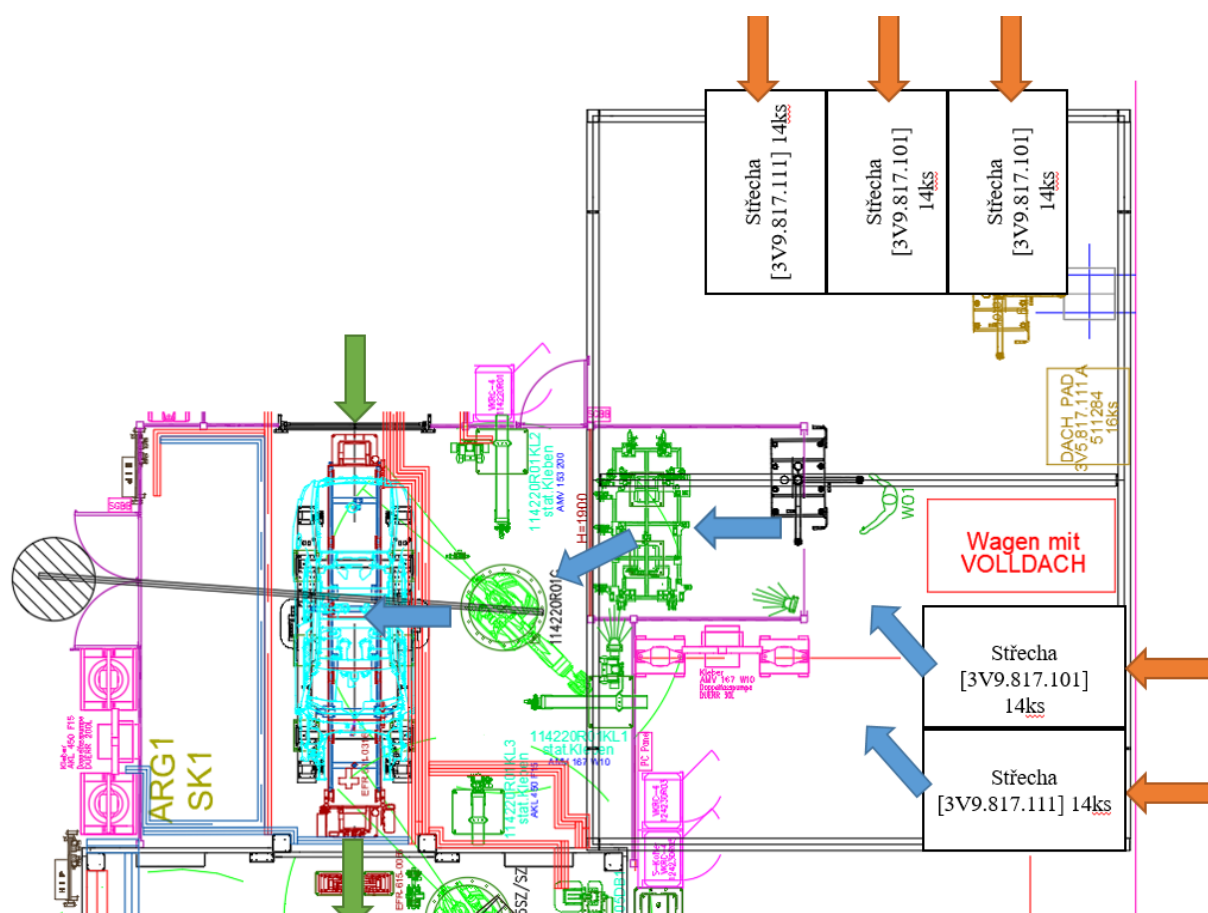
Obr. 21 Pracoviště zakládání dílů vnější postranice

Pracoviště pro zakládání dílů střechy

Jedná se o Robotickou stanici, kde se lepí a zakládá střecha karoserie na příčníky, klipsování zde neprobíhá. Nosná část, tj. podlaha se svařenými postranicemi vnitřními, vnějšími a příčníky střechy, je přepravena pomocí skidu do stanice. Palety s jednotlivými díly střechy jsou dopravovány do výrobního procesu pomocí vysokozdvizných vozíků. Výrobní stanici obsluhuje jeden robot s manipulátorem. Nanášení lepidla na jednotlivé díly je zajištěno pomocí dvou stacionárních lepicích stanic.

Robot vyjme díl z přípravku, poté nanese lepidlo na požadovaná místa. Zde se používají dva typy lepidla. Poté díl založí. Člověk zde zakládá díly střechy do přípravku, jsou zde dva různé typy dílů. Zbytek palet je zde slouží jako zásoba.

Zelenou šipkou je zde znázorněn pohyb skidu s nosnou částí. Oranžovou šipkou je znázorněn přísun jednotlivých dílů do výrobního procesu. Modrou šipkou je naznačen přesun při zakládání jednotlivých dílů.



Obr. 22 Pracoviště zakládání dílů střechy

3 Analýza a rozbor výrobního procesu

Před zahájením projekčních prací na technologické části výrobního systému je potřebné provést řadu analýz a definovat nebo stanovit základní podmínky, které budou rozhodovat o projektovém řešení technologické části výrobního systému.

3.1 Výrobek

Výrobní linka je schopna vyrobit čtyři typové varianty karoserií, popis jednotlivých variant je popsán z plánů pro zakládání jednotlivých dílů, ve všech čtyřech variantách je ve stanici, operátorem prováděna stejná operace, a to navaření matice na přední příčník střechy.

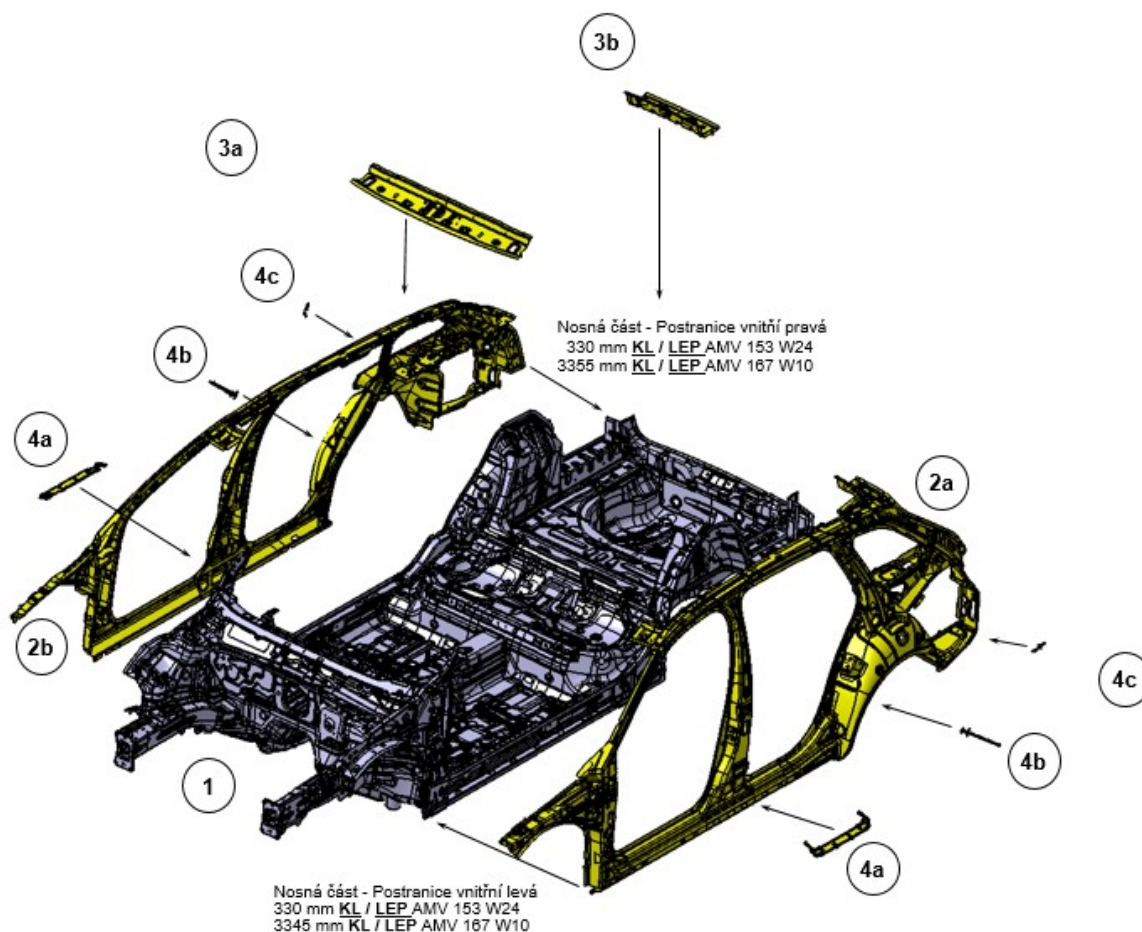
Vyráběná karoserie se dělí na verze „sedan“ nebo „combi“, a to s možností panoramatické střechy. Jedná se tedy o čtyři možné varianty finálního produktu. V operacích v následující stanici dochází k lepení a následnému založení dílů vnitřní postranice levé/pravé, předního příčníků střechy, výztuhám střechy, rámcům střechy a jednotlivým přepážkám. Výrobkem tohoto pracoviště je tedy rám karoserie tvořený nosnou částí/podlahou karoserie a vnitřními bočnicemi spojenými rámy a výztuhami střechy.

Posloupnost zakládání jednotlivých dílů je znázorněna na obrázcích níže, tuto posloupnost zakládání jednotlivých dílů je nutno dodržet vzhledem k tuhosti karoserie a taky proto, že jednotlivé díly na sebe navazují. Zakládání jednotlivých dílů je číslováno vzestupně. Do řešené oblasti vstupuje podlaha karoserie, po založení jednotlivých dílů následuje svařování, které je plně robotické.

3.2 Popis jednotlivých variant výrobu

V této kapitole jsou uvedeny možné varianty finálního výrobku řešené oblasti. Včetně rozboru jednotlivých dílů, z nichž se skládají.

- SK482

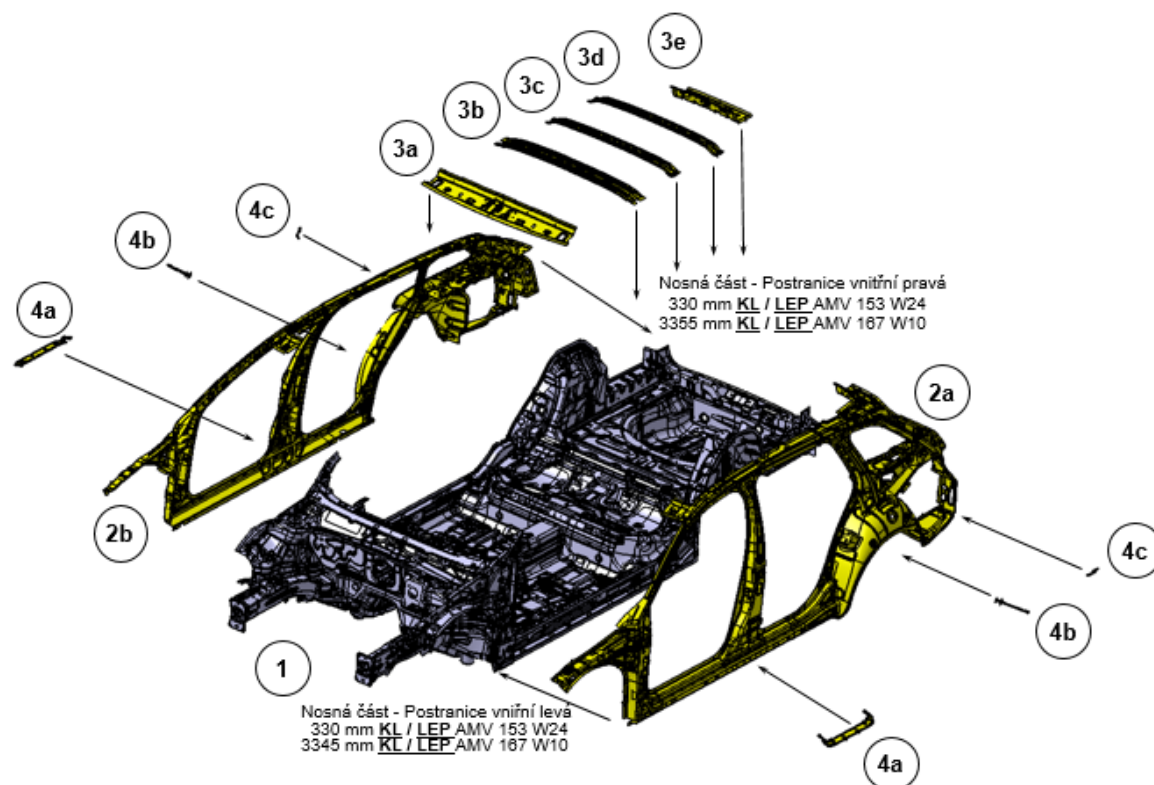


Obr. 23 Rozpad jednotlivých dílů SK482

Tab. 1 Popis jednotlivých dílů výrobku SK482

Pozice	Název	Označení	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]
1	Část nosná	3V1.800.709.B	4400x1500x900	
2a	Postranice vnitřní levá	3V9.809.039	4150x1250	35
2b	Postranice vnitřní pravá	3V9.809.040	4150x1250	35
3a	Příčník střechy přední	3V0.817.121	1060x190	3
3b	Rám střechy	3V9.817.983	500x200	2
4a	Přepážka	3V0.864.649.A	500	0,5
4b	Přepážka	3V5.864.621	300	0,5
4c	Přepážka	3V9.864.629.A	200	0,5

- SK482.A

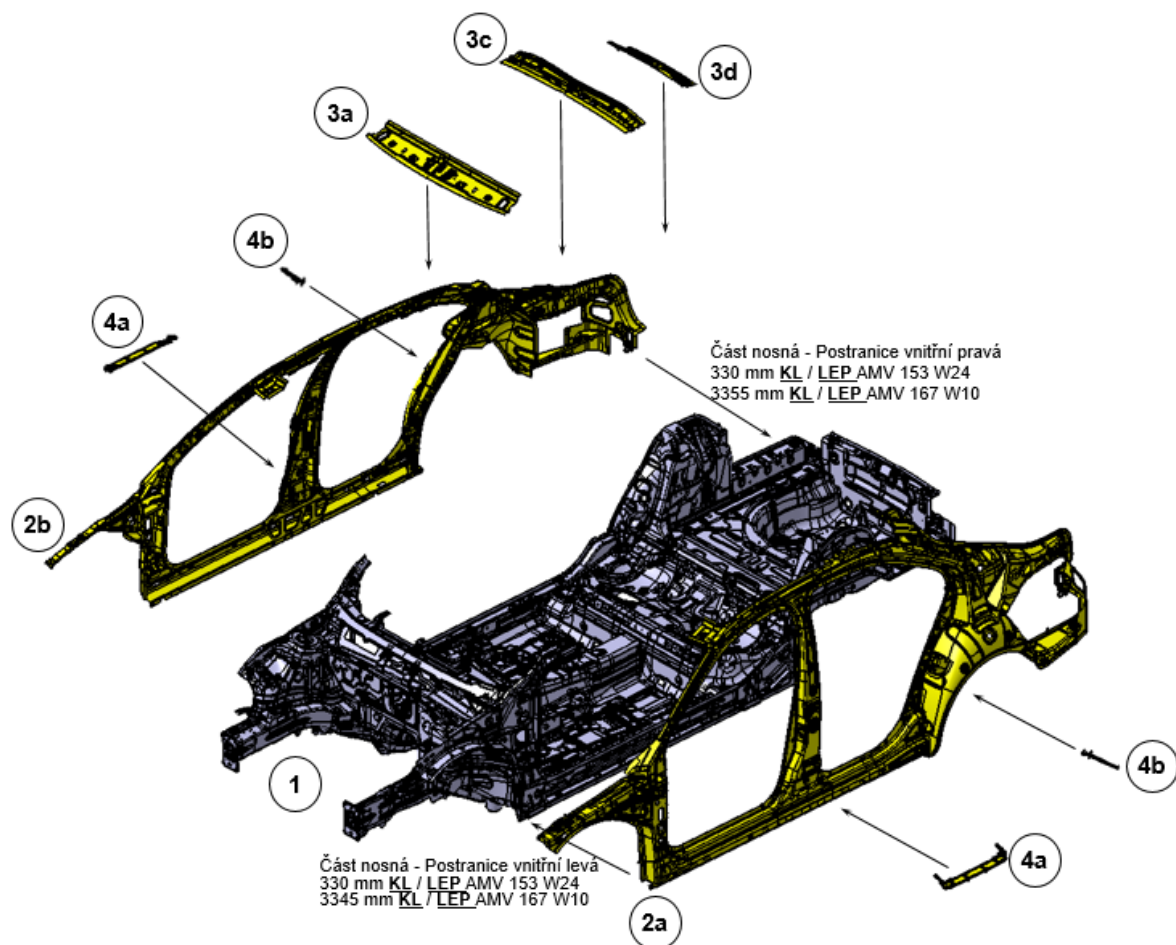


Obr. 24 Rozpad jednotlivých dílů SK482.A

Tab. 2 Popis jednotlivých dílů výrobku SK482.A

Pozice	Název	Označení	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]
1	Část nosná	3V1.800.709.B	4400x1500x900	
2a	Postranice vnitřní levá	3V9.809.039	4150x1250	35
2b	Postranice vnitřní pravá	3V9.809.040	4150x1250	35
3a	Příčník střechy přední	3V0.817.121	1060x190	3
3b	Výztuha střechy	3V9.817.119	1000	3
3c	Rám střechy	3V9.817.159	1000	3
3d	Výztuha střechy	3V9.817.120	1000	3
3e	Rám střechy	3V9.817.983	500x200	2
4a	Přepážka	3V0.864.649.A	500	0,5
4b	Přepážka	3V5.864.621	300	0,5
4c	Přepážka	3V9.864.629.A	200	0,5

- SK481

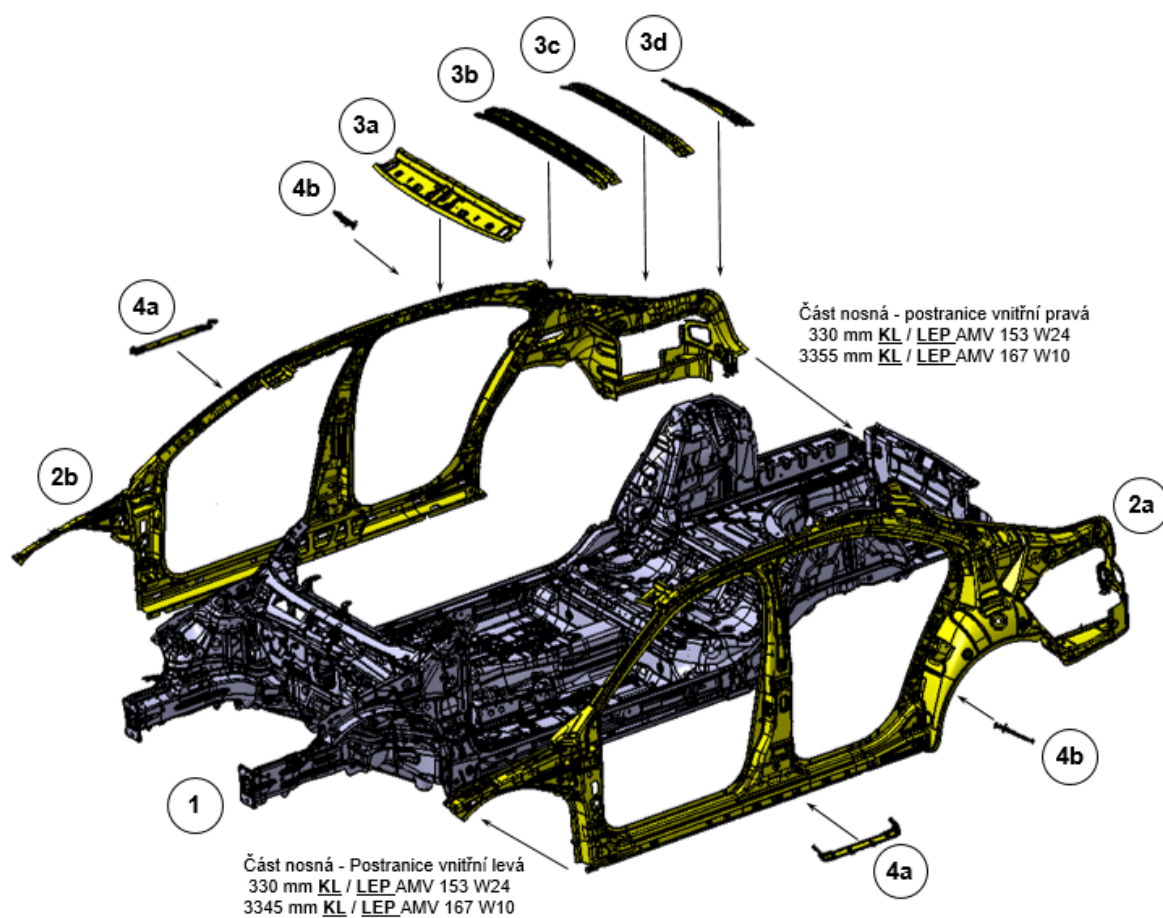


Obr. 25 Rozpad jednotlivých dílů SK481

Tab. 3 Popis jednotlivých dílů výrobku SK481

Pozice	Název	Označení	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]
1	Část nosná	3V1.800.709	4400x1500x900	
2a	Postranice vnitřní levá	3V5.809.039	4150x1250	33
2b	Postranice vnitřní pravá	3V5.809.040	4150x1250	33
3a	Příčník střechy přední	3V0.817.121.A	1060x190	3
3c	Výztuha střechy	3V5.817.120	1000	3
3d	Rám střechy	3V5.817.983	900	2
4a	Přepážka	3V0.864.649.A	500	0,5
4b	Přepážka	3V5.864.621	200	0,5

- SK481.A



Obr. 26 Rozpad jednotlivých dílů SK481.A

Tab. 4 Popis jednotlivých dílů výrobku SK481.A

Pozice	Název	Označení	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]
1	Část nosná	3V1.800.709	4400x1500x900	
2a	Postranice vnitřní levá	3V5.809.039	4150x1250	33
2b	Postranice vnitřní pravá	3V5.809.040	4150x1250	33
3a	Příčník střechy přední	3V0.817.121.A	1060x190	3
3b	Výztuha střechy	3V5.817.119	1000	3
3c	Rám střechy	3V5.817.159	1000	3
3d	Rám střechy	3V5.817.983	1000	2
4a	Přepážka	3V0.864.649.A	500	0,5
4b	Přepážka	3V5.864.621	300	0,5

3.3 Obecný popis výrobní oblasti

Obsluha řešené oblasti je složena ze čtyř pracovníků, kdy jeden pracovník pracuje část výrobního procesu na stanici 7010, potom přechází na stanici 4030, ostatní tři jsou stále v oblasti stanice 4030. Jednotlivé úkony pracovníků budou dále popsány pomocí časových diagramů.

Výrobní takt řešené oblasti je stanoven na 180 sekund, výrobní linka je schopna pracovat denně 21,5 hod, pokud nedojde k porušení nebo nějakému nutnému výrobnímu odstavení výrobního zařízení. Výrobní kapacita linky se stanoví ze dvou údajů a to, celkový čas, po který je výrobní linka v provozu během dne a taktu linky.

$$\frac{t_c}{T} = C_L \left[\frac{\text{ks}}{\text{den}} \right]$$

t_c ... celkový výrobní čas během dne [s]

T ... výrobní takt linky [s]

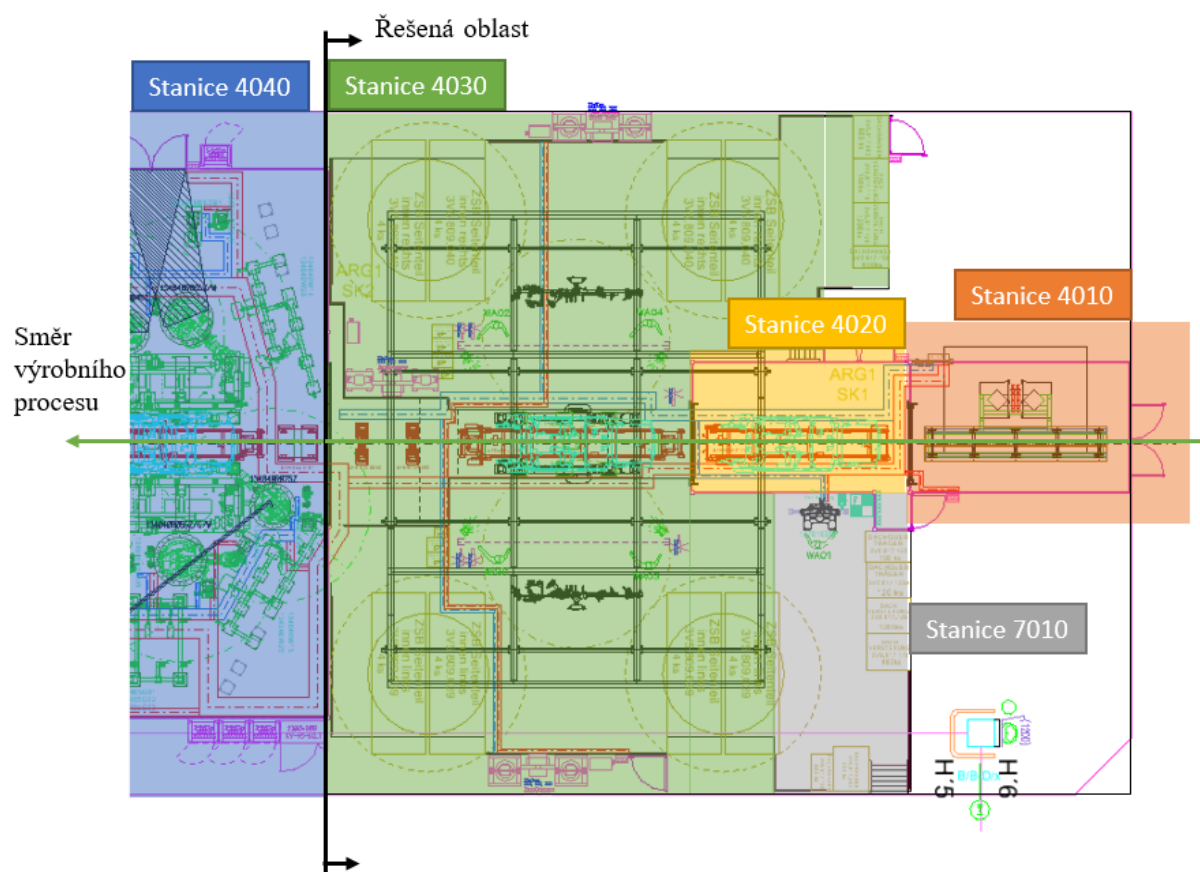
C_L ... Kapacita výrobní linky $\left[\frac{\text{ks}}{\text{den}} \right]$

$$\frac{77400}{180} = 430 \left[\frac{\text{ks}}{\text{den}} \right]$$

Díly jsou do automatického výrobního procesu manuálně zakládány. Vnitřní postranice jsou zakládány pomocí manipulátoru, vzhledem ke své velikosti a hmotnosti. Během výrobního procesu jsou polepeny, založeny, zaklipsovány a následně svařeny. Ostatní díly, tj. příčník střechy přední, jednotlivé rámy a výztuhy jsou pouze založeny a zaklipsovány. Plastové přepážky jsou jen založeny.

1. Ve stanici **4010** se dopravuje svařená nosná část/podlaha zvedacím dopravníkem, z jiné výrobní linky, kde se svařuje.
2. Ve stanici **4020** neprobíhá žádná operace, stanice je volná.
3. Ve stanici **7010** se přivařuje matice na přední příčník střechy. Operátor si díl umístí do svařovacího přípravku, vymezujícího přesné polohování. Poté manuálně přivaří matici k dílu.
4. Ve stanici **4030** je operátorem pomocí manipulátoru vyjmut díl vnitřní postranice z palety na otočném stole, poté je na díl postranice nanášeno pracovníky lepidlo, pomocí lepicích pistolí. Poté operátoři díl založí a zaklipsují jej pomocí manipulátoru. Následuje založení a klipsování dalších dílů a to:

- Předního příčnicku střechy
 - Výztuh střechy
 - Rámů střechy
 - Přepážek
5. Ve stanici **4040** se výše jmenované díly roboticky svařují. Výrobní proces je zde plně automatizován. Oblast není řešením práce.



Obr. 27 Výrobní stanice řešené oblasti-původní varianta

3.4 Materiálový tok řešené oblasti

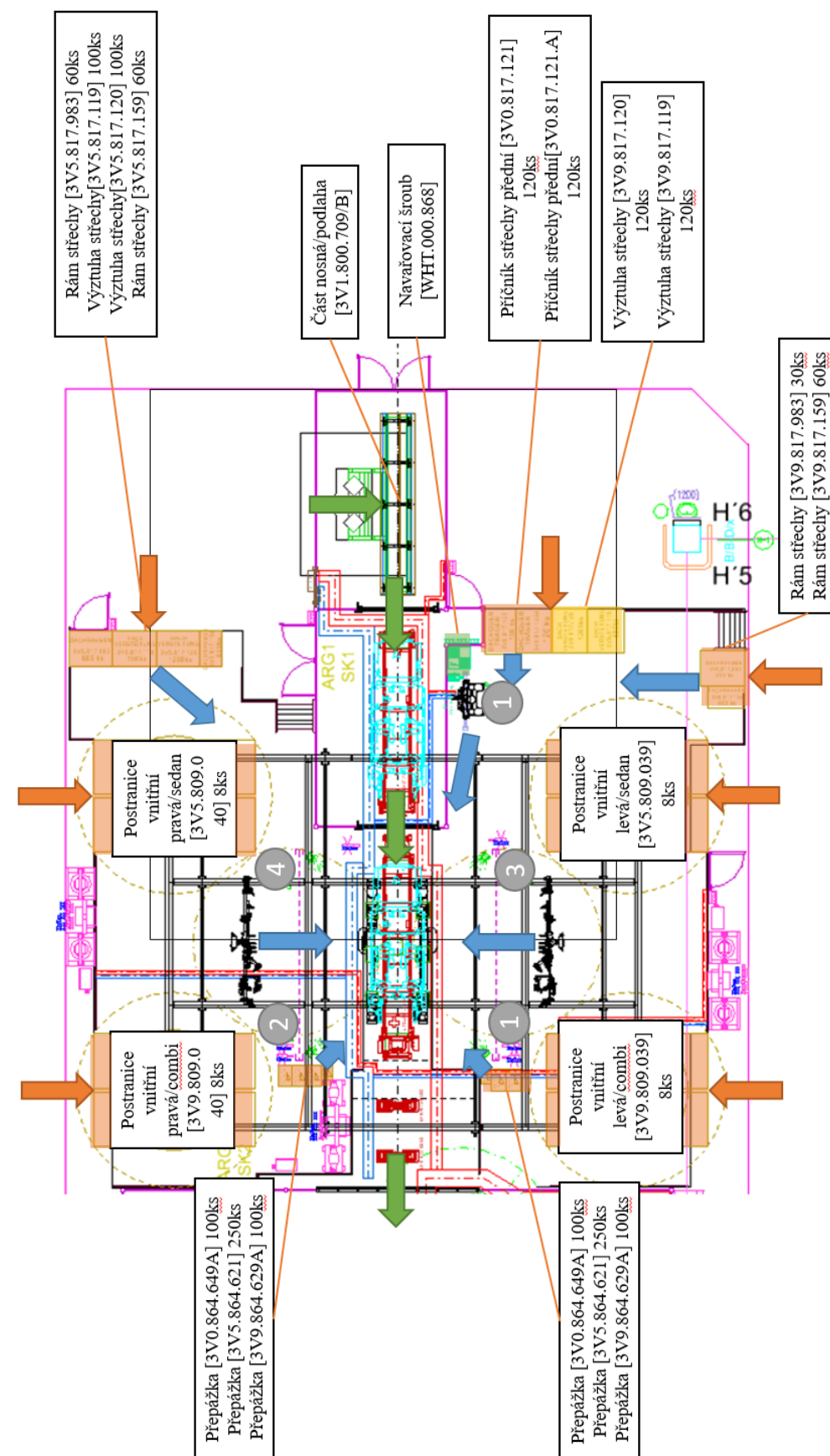
Nosná část/podlaha karoserie je umístěna na skidu, její pozice je vymezena čtyřmi vymezovacími trny. Pomocí válečkových dopravníků je skid přepravován mezi jednotlivými výrobními stanicemi v lince. K zastavení skidu v jednotlivých stanicích se využívá tzv. stopperů. Zastavit skid lze s přesností na desetinu milimetru. Jedná se zde o nespojitý materiálový tok.

Směr:

Zelenými šipkami je znázorněn pohyb skidu s nosnou částí/podlahou, řešená oblast má tři stanice. Ve stanici 4010 je skid přepravován zvedákem vertikálním směrem. Poté je přepravován horizontálním směrem pomocí válečkových dopravníků. Oranžovými šipkami je znázorněn přísun palet s jednotlivými díly, které jsou vkládány do výrobní oblasti. Přísun palet s díly zajišťuje logistika pomocí vysokozdvížných vozíků z mezioperačního skladu. Modrými šipkami je znázorněn pohyb jednotlivých dílů pro založení, jakmile jsou ve výrobní oblasti. Šedým kolečkem s číslem jsou znázorněni operátoři.

Frekvence:

Za jeden den práce, lze vyrobit čtyřistatřicet kusů výsledných produktů. Což představuje poměrně velké množství dopravovaných jednotlivých dílů. Jednotlivé díly jsou v paletách minimálně po šedesáti kusech. Z toho plyne že je potřeba prázdnou paletu vyměnit osmkrát denně. Ovšem problém je paleta postranic, kterou je nutnou vyměnit každých dvanáct minut.

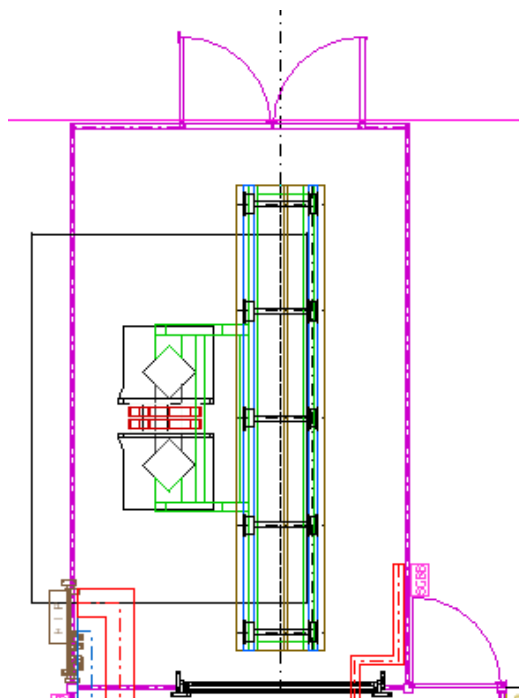


Obr. 28 Materiálový tok řešené oblasti-původní varianta

3.5 Přehled stanic a popis činností prováděných operátory

Stanice 4010, Zvedák

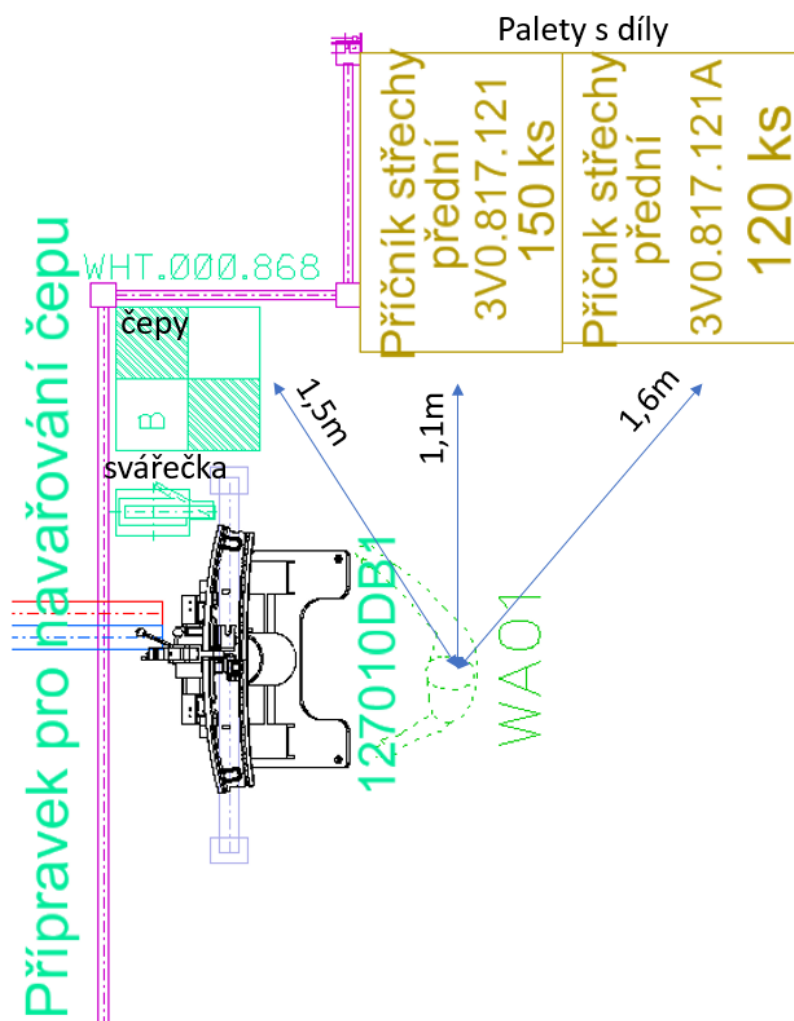
Ve stanici 4010 se dopravuje svařená nosná část/podlaha karoserie zvedacím dopravníkem, poté je pomoci skidu přepravena do další stanice. Tato stanice není obsluhována operátorem.



Obr. 29 Stanice 4010

Stanice 7010, manuální vkládání dílu a svařování

Stanice 7010 se skládá ze zásobníku/palet ve kterých jsou přední příčníky střechy, označeny jako [3V0.817.121/3V0.817.121.A], svařovacího přípravku a svářečky matic. Operátor založí díl do přípravku a přivaří matici [WHT.000.868]. Po skončení tohoto pracovního procesu vyjme tento díl a založí jej ve stanici 4030. Veškerý přísun materiálu zajišťuje personál logistiky.



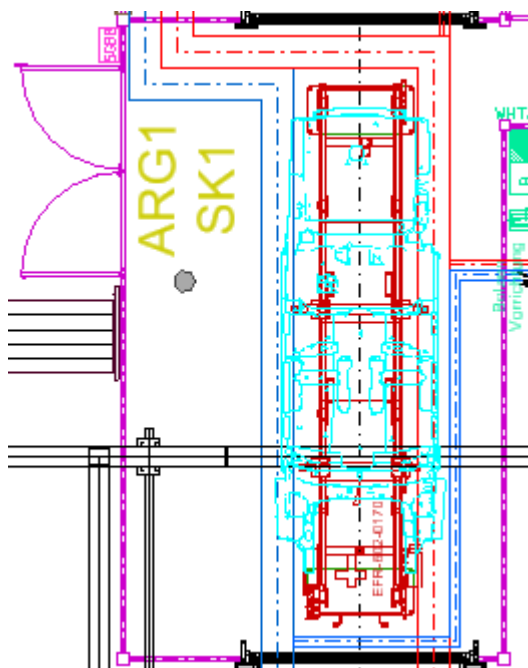
Obr. 30 Stanice 7010

Popis činností operátora WA01:

- Operátor je u zařízení na svařování matic.
- Založí díl přední příčník střechy [3V0.817.121/3V0.817.121.A] do přípravku.
- Ruční upínač manuálně uzavře.
- Vezme svářecí pistoli na matice a matici manuálně přivaří. Navedení svářecí pistole se provádí automaticky.
- Po ukončení manuálních svařovacích operací, provede ověření kvality dle předpisů, svařovací pistoli uloží zpátky do odkládacího stojanu.
- Ruční upínač manuálně otevře.
- Díl vyjme z přípravku.

Stanice 4020, neobsazená

Na této stanici není prováděná žádná operace, je zde pouze přejezd skidu



Obr. 31 Stanice 4020

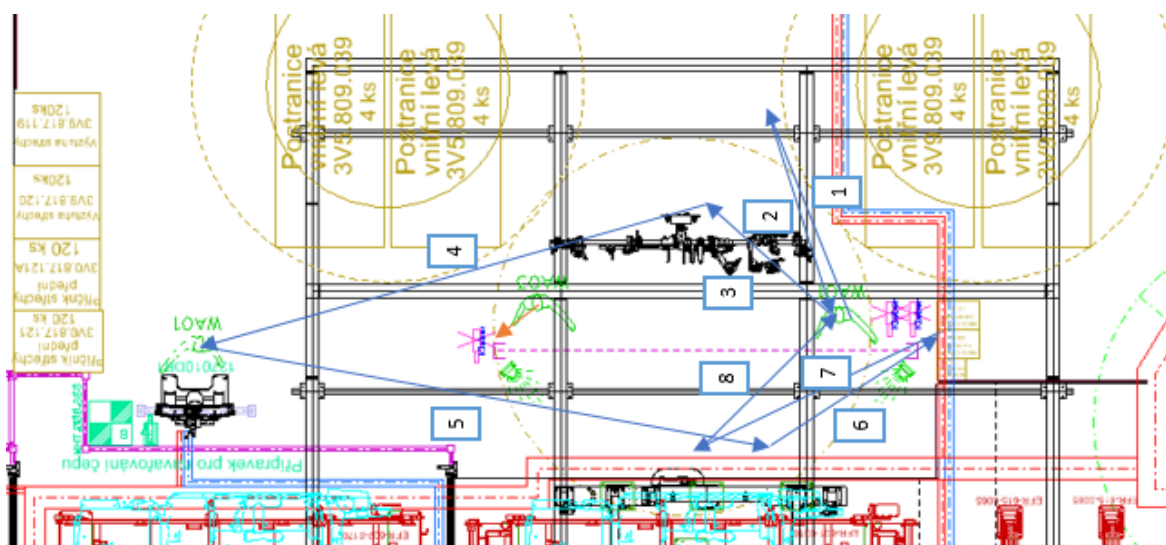
Stanice 4030, manuální vložení dílů, lepení, klipsování, kontrola

Na stanici 4030 je operátory WA01, WA02 vyjmut díl vnitřní postranice levé/pravé [3V5.809.040/039; 3V9.809.040/039] pomocí manipulátoru z palety, operátoři WA03, WA04 na ně čekají, jakmile díl vyjmou. Poté operátoři nanesou pomocí manuálních lepících pistolí lepidlo na díl, v průběhu pracovník WA01 přechází na stanici 7010, kde navaří matici k přednímu příčníku střechy [3V0.817.121/A]. Čeká, jakmile jsou založeny díly vnitřních postranic. Poté se vrací s předním příčníkem střechy na stanici 4030, kde jsou již založeny pracovníky WA03, WA04 díly postranice. Součástí tohoto manipulátoru je i klipsovací zařízení. Následuje zakládání ostatních dílů, záleží na variantě požadovaného produktu. Klipsování jednotlivých příčníků poté probíhá manuálně ručním nářadím. Plastové přepážky jsou pouze založeny a nacvaknuty.

Popis činností operátora WA01 ve stanici 4030:

- operátor je na výchozí pozici
- Jde k paletě
- Pomocí manipulátoru vyjme díl postranice vnitřní levé z palety [3V9.809.039/3V5.809.039]

- Otočí se s manipulátorem a dílem směrem k místu zakládání
- Bere lepicí pistoli, pro typ lepidla AMV 153 W24
- Nanáší lepidlo (200mm)
- Odkládá lepicí pistoli
- Bere lepicí pistoli pro, typ lepidla AMV 167 W10
- Nanáší lepidlo (1600mm)
- Odkládá lepicí pistoli
- Jde do stanice 7010
 - Proces ve stanici 7010
- Čeká na založení dílů postranic
- Založí přední příčník střechy [3V0.817.121/3V0.817.121.A]
- Založí přepážky [3V0.864.649.A, 3V5.864.621, 3V9.864.629.A]
- Zaklipsuje
- Jde do výchozí pozice
- Stiskne tlačítko pro uvolnění stoperu



Obr. 32 Znáznornění pohybu operátora WA01

Popis činností dalších operátorů bude vyjádřen pomoci grafického znázornění včetně časových diagramů.

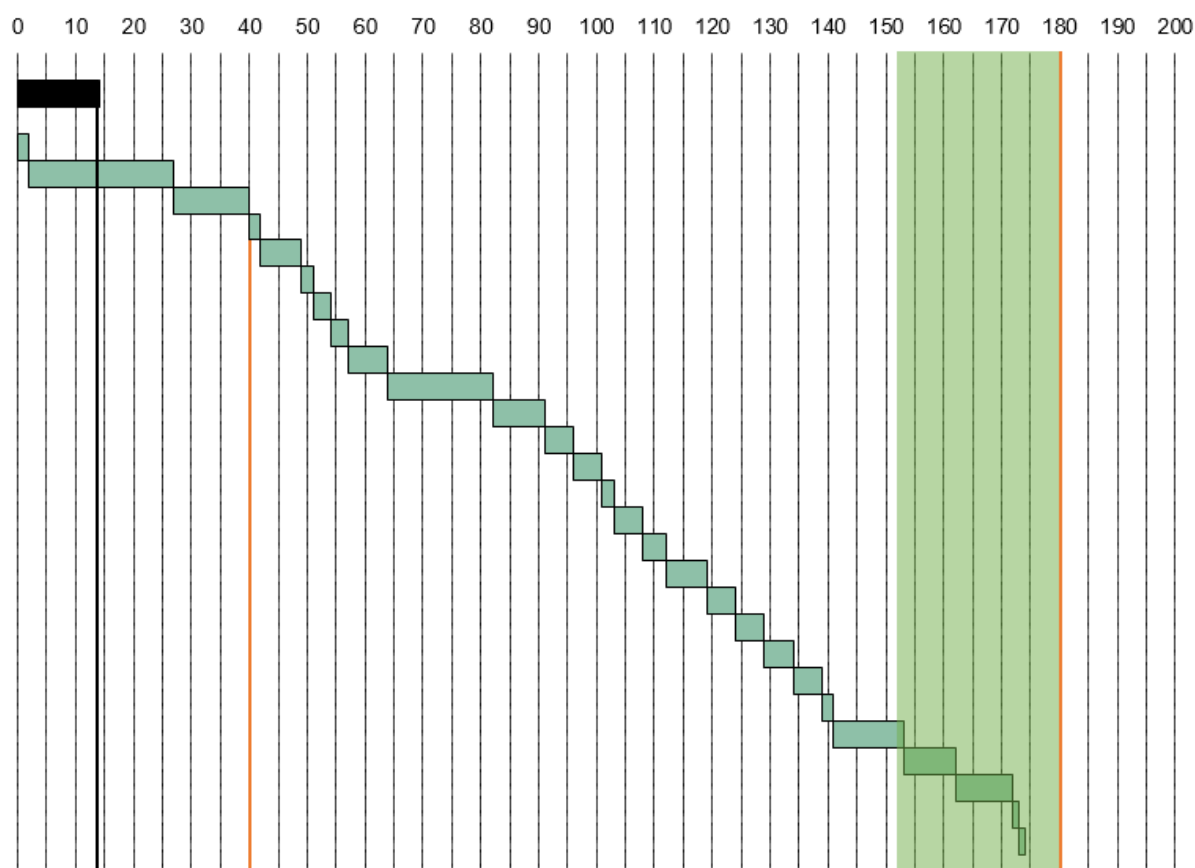
Firma VW má standardizované časy potřebné pro určité operace. Pomoci těchto časů lze simulovat reálně potřebný čas výrobního procesu. Časový plán je vytvořen pro typ karoserie, která obsahuje největší počet dílů, tj. SK482.A. Vytvořený Excel soubor bude možné

využít univerzálně pro vytvoření následujících časových plánů řešené oblasti. Excel soubor je součástí příloh.

Kód operace	pracovník /robot	Popis činnosti	poznámky	počet	Čas jednotlivé operace [s]	celkový čas operace [s]	Čas [s]	
							od	do
233	ST 4030	Příjezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
1	WA01	chůze (1m)		2	1	2	0	2
6	WA01	vezme velký díl (manipulátor)	3V5.809.039	1	25	25	2	27
13	WA01	otočení s manipulátorem		1	13	13	27	40
1	WA01	chůze (1m)		2	1	2	40	42
19	WA01	vezme si ruční nástroj	Lepicí pistoli	1	7	7	42	49
1	WA01	chůze (1m)		2	1	2	49	51
38	WA01	přemístit kleště		1	3	3	51	54
27	WA01	lepí (100mm /1,0 sec)	AMV 153W24	3	1	3	54	57
19	WA01	vezme si ruční nástroj	Lepicí pistoli	1	7	7	57	64
27	WA01	lepí (100mm /1,0 sec)	AMV 167W10	18	1	18	64	82
38	WA01	přemístit kleště		3	3	9	82	91
1	WA01	chůze (1m)	Stanice 7010	5	1	5	91	96
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.119	1	5	5	96	101
1	WA01	chůze (1m)		2	1	2	101	103
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.119	1	5	5	103	108
41	WA01	manuálně otevřít/zavřít španer		2	2	4	108	112
19	WA01	vezme si ruční nástroj	Svářečka matic	1	7	7	112	119
24	WA01	svařování matice	WHT.000.868	1	5	5	119	124
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.119	1	5	5	124	129
1	WA01	chůze (1m)	stanice 4030	5	1	5	129	134
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	134	139
1	WA01	chůze (1m)		2	1	2	139	141
2	WA01	vezme malý díl (max.500x300)	3V0.864.649A, 3V5.864.621, 3V9.864.629A	3	4	12	141	153
8	WA01	uloží malý díl (max.500x300)	3V0.864.649A, 3V5.864.621, 3V9.864.629A	3	3	9	153	162
49	WA01	Klinčování, klipsování		2	5	10	162	172
1	WA01	chůze (1m)		1	1	1	172	173
18	WA01	odmáčknutí tlačítka uvolnění		1	1	1	173	174

Obr. 33 Příklad časového diagramu pro operátora WA01

Na počátku taktu dochází k příjezdu skidu, v grafu označeno černou barvou. Příjezd skidu a následné fixování pozice nosné části/podlahy je stanoveno na 14 sekund. V tomto čase nelze provádět operace přímo související se zakládáním dílů. Dále je zde černou barvou označen čas, po který pracovník neprovádí žádnou operaci a čeká na vhodný okamžik k provedení další operace, např. na lepení dílu postranice. Červenou čarou je zde označen takt, světle zelenou je zde vyznačena časová oblast, kdy je pracovník vytížen na 85 %. Tabulka je vytvořena tak, aby po zadání kódu jednotlivé operace a počtu vykonání operace vyhledala činnost o kterou se jedná a přiřadila potřebný čas.



Obr. 34 Grafické vyhodnocení jednotlivých úkonů operátora WA01

3.6 Kontrola kvality

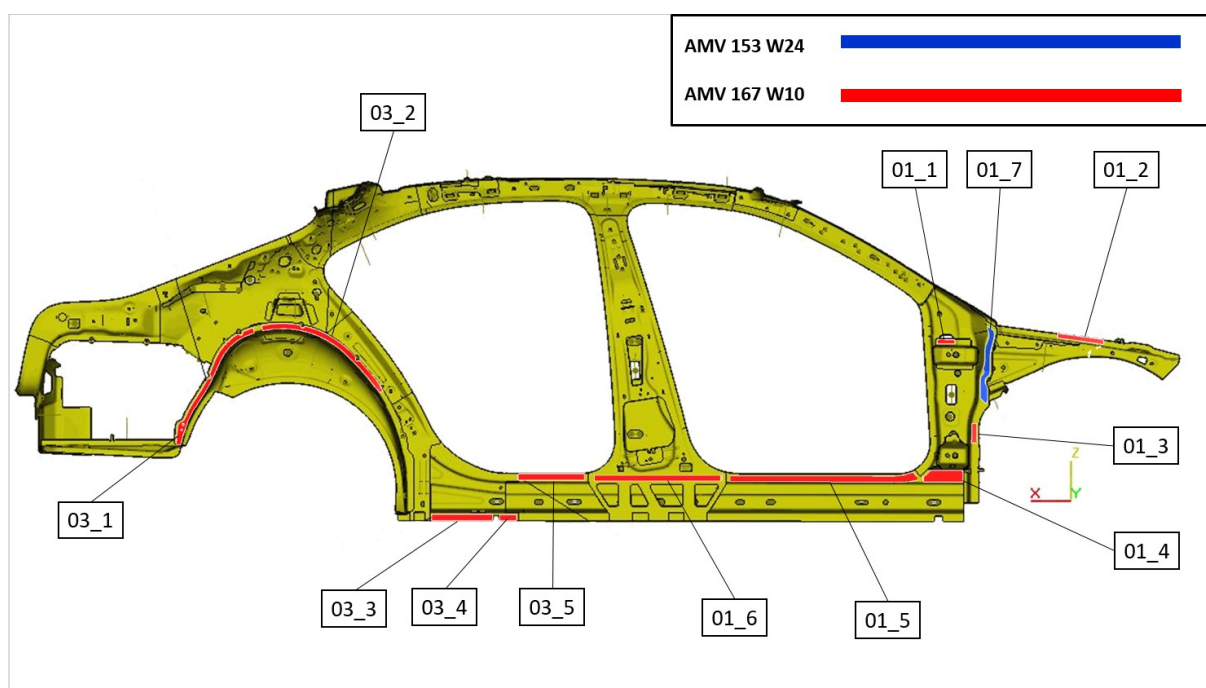
V manuálních zařízeních v této oblasti nejsou žádné opakované kontroly. Pracovník nicméně provádí po skončení své činnosti kontrolu kvality svého výrobku dle předpisů provozovatele, než provede další pracovní krok.

4 Rozbor a popis technologické procesu

V této kapitole bude popsána analýza míst pro nanášení lepidla a míst pro klipsování jednotlivých dílů.

4.1 Analýza lepicího plánu

Lepicí plány zobrazují místa, kde je potřeba nanést lepidlo, stejně tak o jaký typ lepidla se jedná. Je zde také vyjádřeno potřebné množství lepidla, tj. průměr nanesené housenky a její délka. Z toho lze určit potřebný objem naneseného lepidla. V tomto procesu jsou použity dva typy lepidla a to AMV 153 W24, jedná se o lepidlo, které se používá pro těsnící účely. Druhé lepidlo AMV 167 W10, se používá v místech, kde je potřebné pevnostní spojení dílů. Lepicí plán je vytvořen pro každého pracovníka zvlášť. Vycházet lze z obrazových pracovních návodů, umístěných na daném pracovišti.



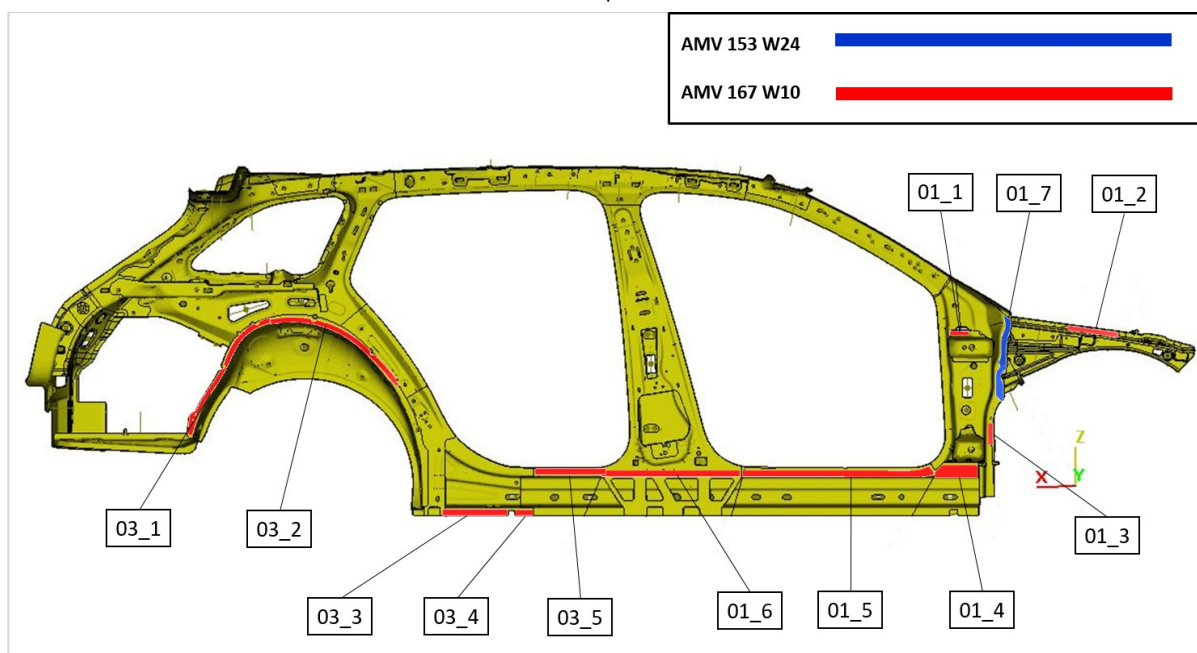
Obr. 35 Plán lepení dílu levé vnitřní postranice SK481 pro pracovníky WA01 a WA03

Pro díl pravé postranice jsou místa pro nanášení lepidla stejná, stejné jsou také délky i průměr. Podmínky pro pracovníky WA02 a WA04 jsou stejné.

Tab. 5 Parametry lepících ploch

Pracovník	Lepená plocha	Typ lepidla	Délka housenky [mm]	Průměr housenky [mm]
W01	01_1	AMV 167 W10	65	5
W01	01_2	AMV 167 W10	180	5
W01	01_3	AMV 167 W10	75	5
W01	01_4	AMV 167 W10	120	5
W01	01_5	AMV 167 W10	660	5
W01	01_6	AMV 167 W10	460	5
W01	01_7	AMV 153 W24	340	7
W03	03_1	AMV 167 W10	500	5
W03	03_2	AMV 167 W10	480	5
W03	03_3	AMV 167 W10	210	5
W03	03_4	AMV 167 W10	55	5
W03	03_5	AMV 167 W10	230	5

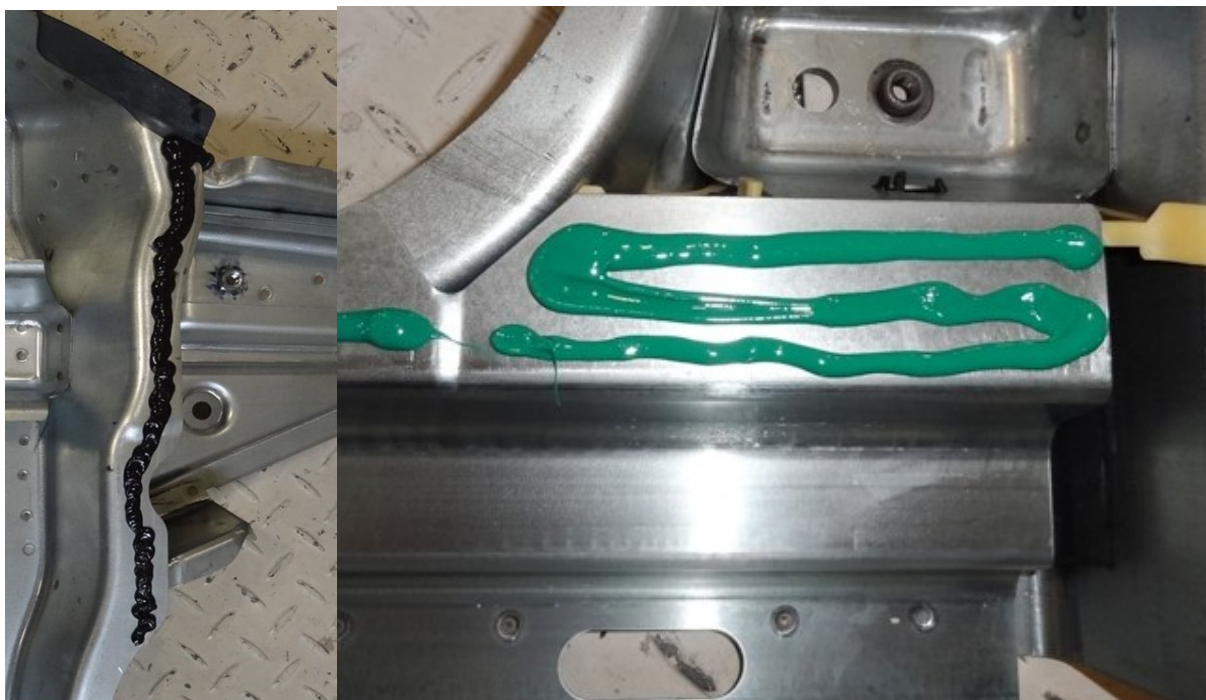
v



Obr. 36 plán lepení dílu levé vnitřní postranice SK482 pro pracovníky WA01 a WA03

Tab. 6 Parametry lepících ploch

Pracovník	Lepená plocha	Typ lepidla	Délka housenky [mm]	Průměr housenky [mm]
W01	01_1	AMV 167 W10	65	5
W01	01_2	AMV 167 W10	180	5
W01	01_3	AMV 167 W10	75	5
W01	01_4	AMV 167 W10	120	5
W01	01_5	AMV 167 W10	660	5
W01	01_6	AMV 167 W10	460	5
W01	01_7	AMV 153 W24	340	7
W03	03_1	AMV 167 W10	500	5
W03	03_2	AMV 167 W10	480	5
W03	03_3	AMV 167 W10	210	5
W03	03_4	AMV 167 W10	55	5
W03	03_5	AMV 167 W10	230	5



Obr. 37 Ukázka nanesení lepidla na pozice 01_4 (AMV 167 W10, pevnostní lepidlo) a 01_7 (AMV 153 W24, těsnící lepidlo)

Potřebný objem lepidla na 1ks:

AMV 167 W10

$$(0,65 + 1,8 + 0,75 + 1,2 + 6,6 + 4,6 + 5 + 4,8 + 2,1 + 0,55 + 2,3) \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} \cdot 2 \\ = 0,12 \text{ dm}^3$$

AMV 153 W24

$$(3,4) \cdot \frac{\pi \cdot 0,07^2}{4} \cdot 2 = 0,014 \text{ dm}^3$$

Potřebný objem lepidla na 430 ks:

AMV 167 W10

51,6 litrů

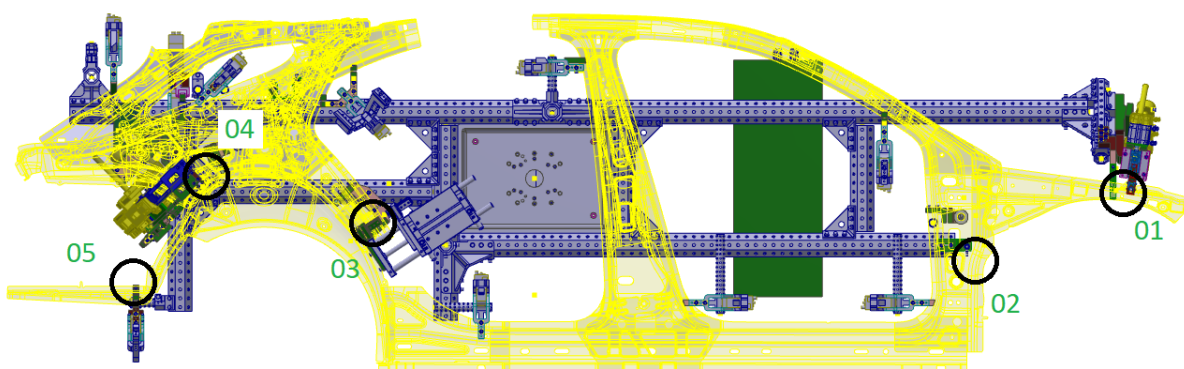
AMV 153 W24

6,02 litrů

4.2 Analýza míst klipsování

Produkt SK482.A obsahuje nejvíce míst pro klipsování. Na každé z postranic je pět jazýčků, jak pro model SK481 tak SK482, které je nutno ohnout, tj. zaklipsovat. Klipsování tohoto dílu je řešeno pomocí manipulátoru. Na manipulátoru jsou pneumatické upínky od firmy Tünkers a pneumatické válce Festo. Tato varianta produktu má dále pět příčníků a každý příčník má dva jazýčky. Klipsování příčníků provádí operátoři stanice. V procesu výroby může tedy nastat situace, kdy je nutno klipsovat 20 míst, a to 10 jazýčku na postranicích a 10 jazýčků na příčnících.

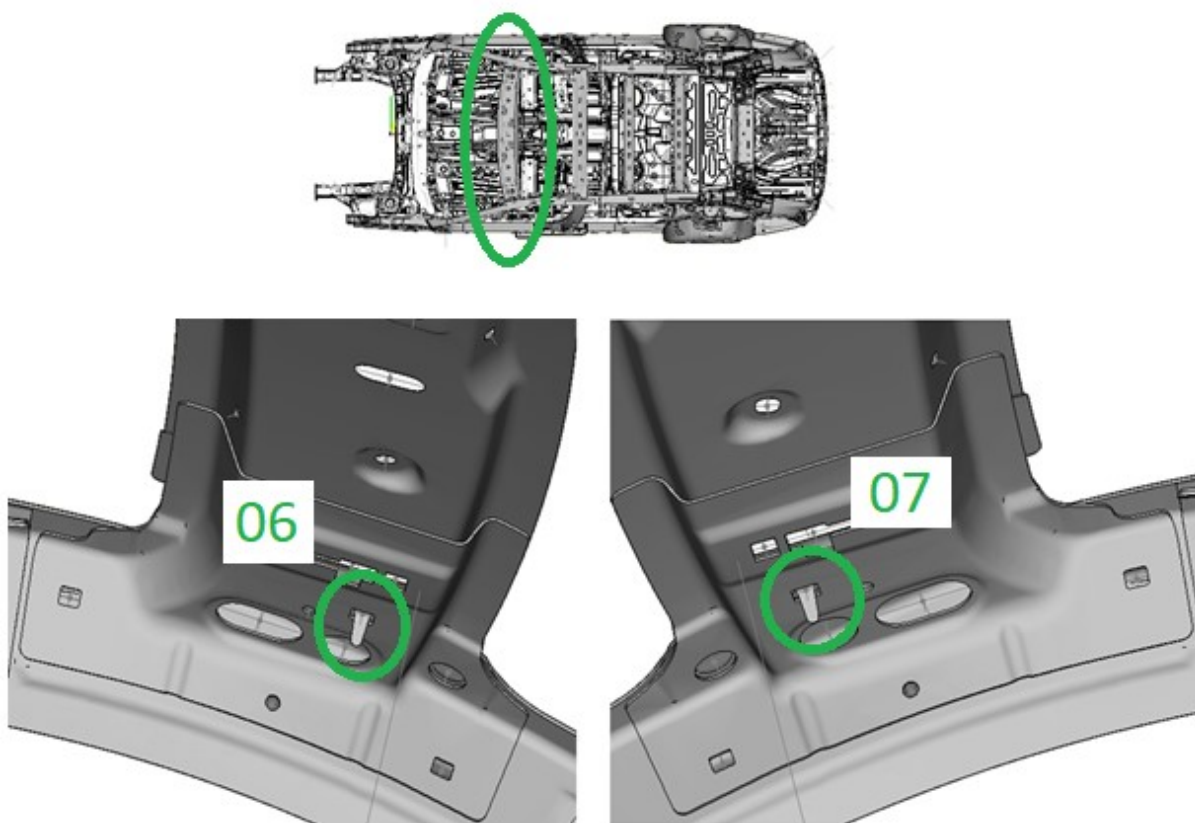
1. Klipsování pomocí manipulátoru



Obr. 38 Označení jednotlivých míst pro klipsování na postranici

2. Manuální klipsování

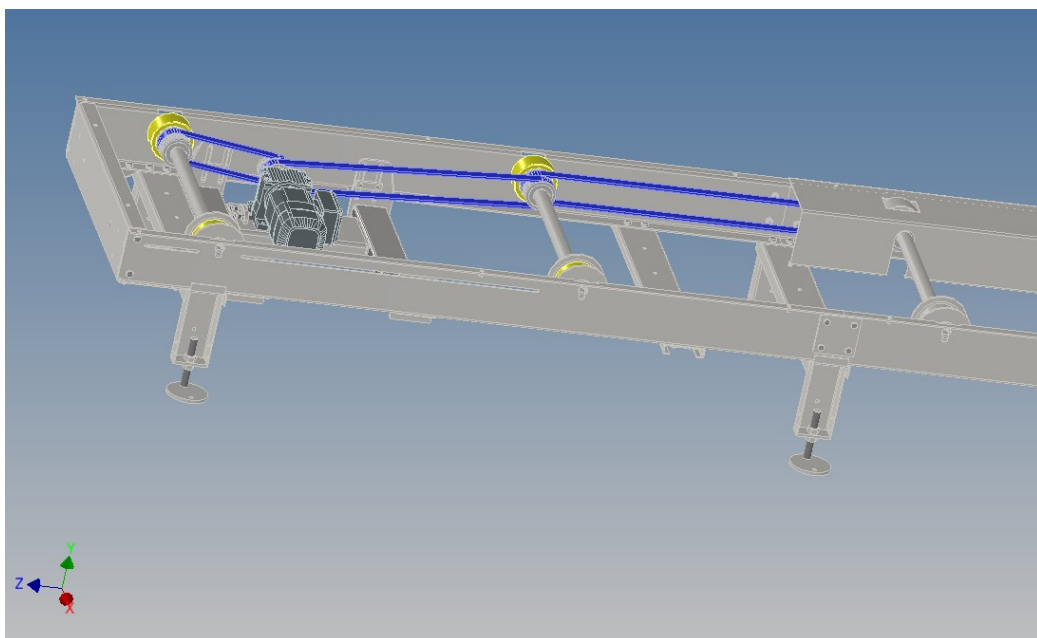
Klipsovací plán jednotlivých dílů je součástí příloh diplomové práce.



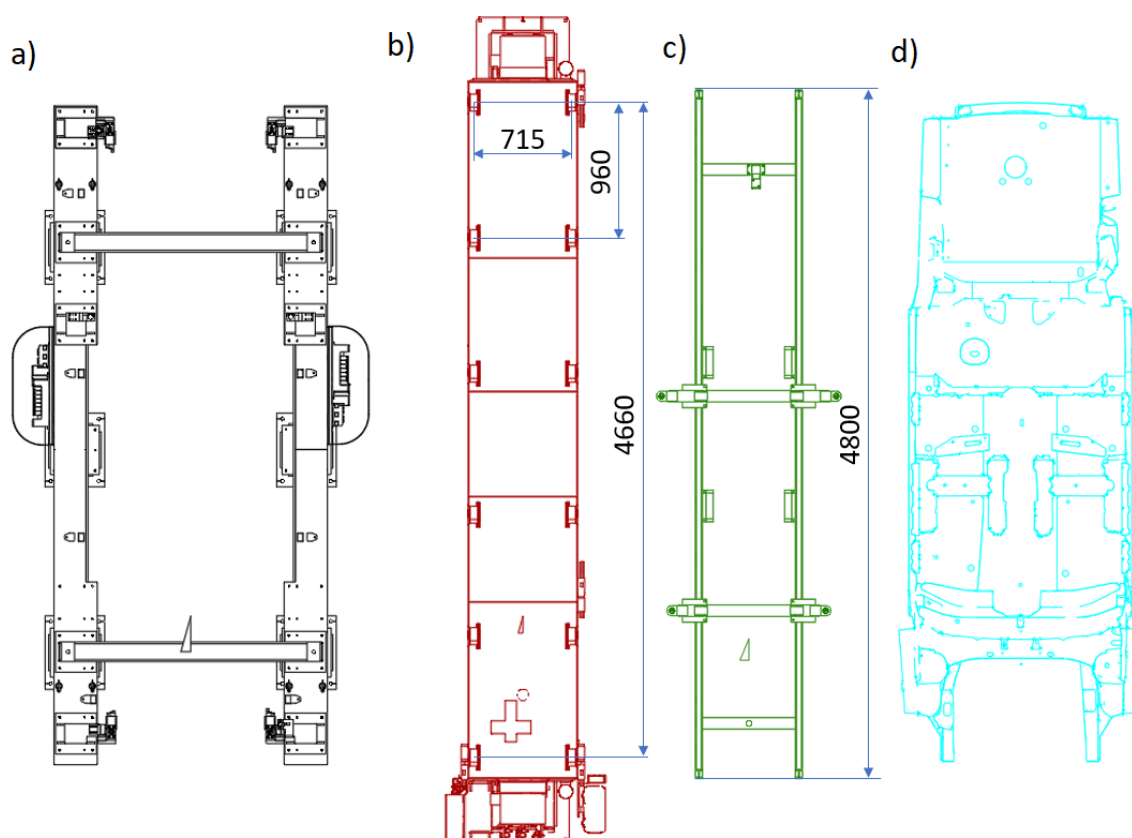
Obr. 40 Příklad klipsování dílu předního příčnicku střechy

4.3 Přesun výrobku mezi pracovními stanicemi

Výrobek je mezi jednotlivými pracovními stanicemi přemísťován pomocí válečkových dopravníků, zde jsou použity 6 válečkové dopravníky. Výška dopravníku, včetně skidu je 500 mm, v této výšce je tedy produkt i přemísťován. Rozteč jednotlivých válečků dopravníku je 960 mm. Délka mezi prvním a posledním válečkem je 4660 mm. Válečky jsou vyrobeny z polyuretanu, jeden pár válečků bývá kovový, kvůli odvádění statické energie. Motor dopravníku může být na kraji nebo uprostřed. Pro údržbu je vždy jednodušší motor na kraji. Lze totiž odbrzdit motor a skid libovolně posunout. Motor je řízen frekvenčním měničem pro plynulé rozjíždění skidu. Dopravník má dva snímače polohy skidu. První snímač slouží pro zbrzdění skidu, druhý pro úplné zastavení.



Obr. 39 Pohon válečkového dopravníku s motorem na kraji



Obr. 40 a) Zařízení pro fixaci polohy podlahy karoserie, b) válečkový dopravník, c) skid, d) karoserie

5 Soupis základních požadavků na pracoviště

Oblast:

- 389 m² (nezasahovat do zvedacího zařízení na stanici 4010, do oblasti kolem sloupu H5)
- Ostatní prostory lze využít dle potřeby

Kapacita, takt:

- Původní kapacita 430 kusů/den
- Požadovaný stav **516 kusů/den**
- Původní takt 180 sekund
- Požadovaný takt **150 sekund**

Obsluha:

- Původně 4 operátoři
- Snížit na minimální množství
- Nahradit, pokud to bude možné, průmyslovými roboty

Manipulátor:

- Lze využít stávající zařízení
- Nutná úprava interfejsu manipulátoru

Palety:

- Lze využít stávající
- Úprava palety pro postranice

Lepení

- Lze využít stávající pumpy
- Stacionární nebo efektorové lepičky

Možnosti rozšíření

5.1 Specifikace hlavních funkcí robotizovaného pracoviště

- Nanesení lepidla na díl vnitřní postranice levé/pravé
- Založení postranice k nosné části/podlaze, zaklipsovat pomocí manipulátoru
- Navaření matice k dílu předního příčnicku střechy
- Založení dílů: příčník střechy přední, výztuhy střechy a rámy střechy
- Zaklipsovat založené díly manuálně
- Založení plastových přepážek k vnitřním postranicím
- Takt 180 sekund, kapacita 430 ks/den

5.2 Doplnující otázky k robotizovanému pracovišti

- Které díly se dovážejí vyrobené a které vyrábíme?

Svařuje se postranice, na výrobní lince STI, ostatní díly se dovezou do mezioperačního skladu z lisoven.

- Jak lze dopravit zakládané díly k výrobní zařízení?

Zajišťuje oddělení logistiky, vysokozdvížnými vozíky. Díly jsou naskládány v standartních paletách.

- Lze využít současný přívod vzduchu a el. energie?

Ano

- Je možné přesunout jednotlivé dopravníky přepravující produkt?

Ano

- Ve stávajícím řešení jsou použity otočné stoly, ze kterých se odebírají jednotlivé díly postranic. Příčníky a přepážky jsou ve standartních paletách. Lze využít dopravník závěsný nebo válečkový, který by přepravoval jednotlivé díly ze zařízení kde se vyrábějí?

Ne, nedovoluje to nynější řešení logistiky výrobní haly, okolo řešeného výrobního zařízení je komunikace. Nad zařízením je řešena logistika výsledných produktů z předchozích oblastí.

- Jaké jsou parametry prostředí pracoviště, teplota, prašnost a hluchnost, osvětlení?

Teplota pracoviště je stanovena na třídu IIb, maximální a minimální dovolená teplota je stanovena mezi 14°C až 32°C.

Jedná se o prašné a hlučné prostředí, řešená oblast se nachází v hale svařovny, ve vedlejší stanici 4040, se roboticky svařuje.

Osvětlení je stanoveno na 1000 lux/m²

- Jaké je nosnost podlahy?

Podlaha je tvořena vibrovaným drátkobetonem s horním potěrem o celkové tloušťce 600 mm. Nosnost podlahy dle zhotovitele je 80kN/m².

- Jaký je požadovaný počet provozních hodin zařízení?

Jedná se o třísměnný provoz, tj. 22,5 hodin denně, 5 dní v týdnu. Přes víkend je provoz zařízení zastaven.

- Jaké jsou zdroje energie v místě pracoviště?

Elektřina, vzduch, voda

- Lze napojit pracovní oblast na logistiku výroby?

Ano okolo pracoviště je komunikace.

- Přístup vzduchu a elektřiny?

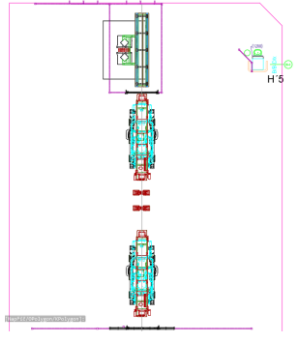
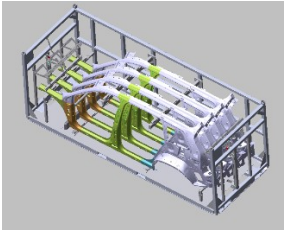
Je ve stanici, pouze upravit vedení a přemístit zdroj.

- Jaká je již existující zástavba pracoviště?

Halový sloup H5, Stanice se zvedacím zařízením 4010

5.3 Požadavkový list

Tab. 7 Požadavkový list zpracovaný formou tabulky

Pracoviště	Rozměry	cca. 22,2x18,8 m (389m ²)
	Prostředí	Svařovna
	Provoz	22,5 h
	Nosnost podlahy	80 kN/m ²
	Takt linky	150 s
	Existující zástavba	Stanice 4010, halový sloup
	Energie	Vzduch/elektrina/voda
Objekt manipulace		
Postranice vnitřní levá	Rozměr	4150x1250 [mm]
	Hmotnost	35 kg
	Označení	3V9.809.039
	Klipsování	5x
Postranice vnitřní pravá	Rozměr	4150x1250 [mm]
	Hmotnost	35 kg
	Označení	3V9.809.040
	Klipsování	5x
Postranice vnitřní levá	Rozměr	4150x1250 [mm]
	Hmotnost	33 kg
	Označení	3V5.809.039
	Klipsování	5x
Postranice vnitřní pravá	Rozměr	4150x1250 [mm]
	Hmotnost	33 kg
	Označení	3V5.809.039
	Klipsování	5x
Paleta 	Rozměr	4400x1400x1200
	Hmotnost	112 kg
	Dílů	4 ks
	Konstrukce	Investor
	Výroba	Investor
	Množství	4, ve výrobním zařízení

		16, v mezioperačním skladu
Lepidlo AMV 167W10	Teplota	55°C
	Použití	Pevnostní
	Množství/kus	0,12 dm ³
	Množství/den	63,6 dm ³
	Čas lepení/kusu	62,4 s
	Průtok dávkovače	1,9 cm ³ /s
Lepidlo AMV 153W24	Teplota	35°C
	Použití	Těsnící
	Množství/kus	0,014 dm ³
	Množství/den	7,42 dm ³
	Čas lepení/kusu	13,8 s
	Průtok dávkovače	1,01 cm ³ /s
Manipulátor	Funkce	Manipulace, klipsování
	Konstrukce	Stávající
	Úprava	Interfejs
	Váha	Cca. 100 kg
	Orientace	stávající
Objekt manipulace		
Příčník střechy přední	Rozměr	1060x190 [mm]
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V0.817.121
	Klipsování	2x
Výztuha střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V9.817.119
	Klipsování	2x
Rám střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V9.817.159
	Klipsování	2x
Výztuha střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V9.817.120

	Klipsování	2x
Rám střechy	Rozměr	500x200 [mm]
	Hmotnost	2 kg
	Označení	3V9.817.983
	Klipsování	2x
Příčník střechy přední	Rozměr	1060x190 [mm]
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V0.817.121.A
	Klipsování	2x
Výztuha střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V5.817.119
	Klipsování	2x
Rám střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V5.817.159
	Klipsování	2x
Rám střechy	Rozměr	1000 mm
	Hmotnost	3 kg
	Označení	3V5.817.983
	Klipsování	2x
Manipulátor	Funkce	Manipulace, klipsování
	Konstrukce	Pro dva díly
	Váha	Cca. 60 kg
	Orientace	180°
Přepážka	Rozměr	500 mm
	Hmotnost	0,5 kg
	Označení	3V0.864.649.A
Přepážka	Rozměr	300 mm
	Hmotnost	0,5 kg
	Označení	3V5.864.621
Přepážka	Rozměr	200 mm
	Hmotnost	0,5 kg
	Označení	3V9.864.629.A

6 Návrh variant robotizovaného pracoviště

V této kapitole jsou popsány dvě navržené varianty možné robotizace řešené oblasti.

6.1 Varianta A

První navržená varianta se skládá ze čtyř výrobních stanic. V této variantě jsou využiti tři roboti a jeden operátor. Jednotlivé úkony robotů/pracovníků budou dále popsány pomocí časových diagramů a na základě toho bude stanoven dosažený takt.

6.1.1 Koncepce varianty

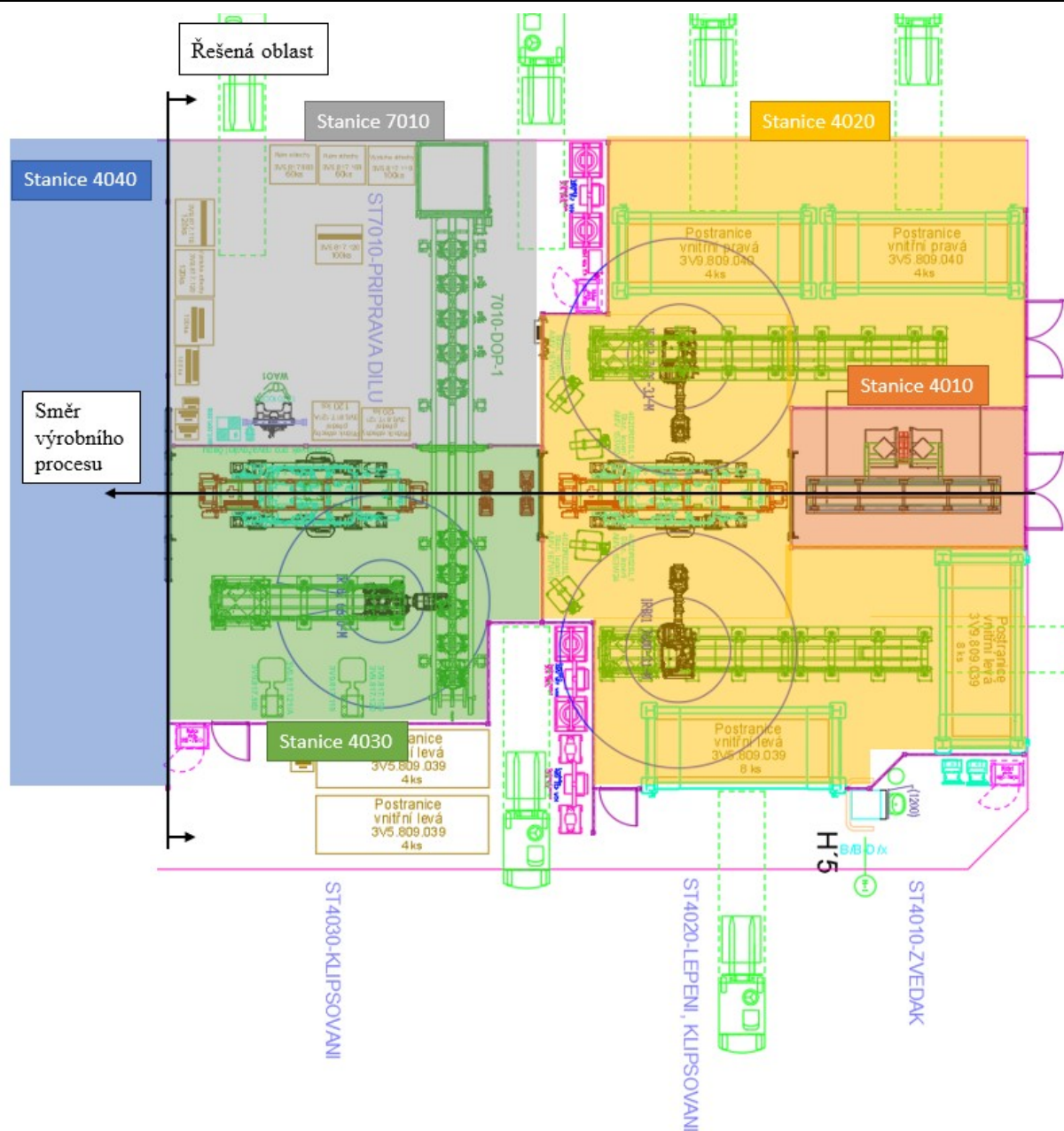
Jednotlivé díly jsou do automatického výrobního procesu vkládány pomocí manipulátorů jednotlivých robotů. Díly s paletami jsou dopravovány pomocí vysokozdvizných vozíků. Přesun mezi stanicemi je řešen stejným způsobem. Pouze došlo k úpravě uspořádání jednotlivých dopravníků, popsáno v kapitole 6.1.2 a to ve stanici 4030.

Ve stanici **4010** se dopravuje svařená nosná část/podlaha zvedacím dopravníkem z jiné výrobní linky, kde se svařuje. Oproti původnímu řešení se nezměnila.

Ve stanici **4020** se nanáší lepidlo na díly postranic a poté jsou díly založeny k podlaze a následně pomocí manipulátoru zaklipsovány. Využiti jsou zde dva roboti.

Stanici **7010** obsluhuje jeden operátor, jeho činností je přivařit matici na díl předního příčnicku střechy. Poté díly založit do dopravníku, jedná se o příčník střechy přední, výztuhy střechy a rámy střechy, dle potřeby jednotlivých variant. Jednotlivé díly jsou poté přepraveny do stanice 4030.

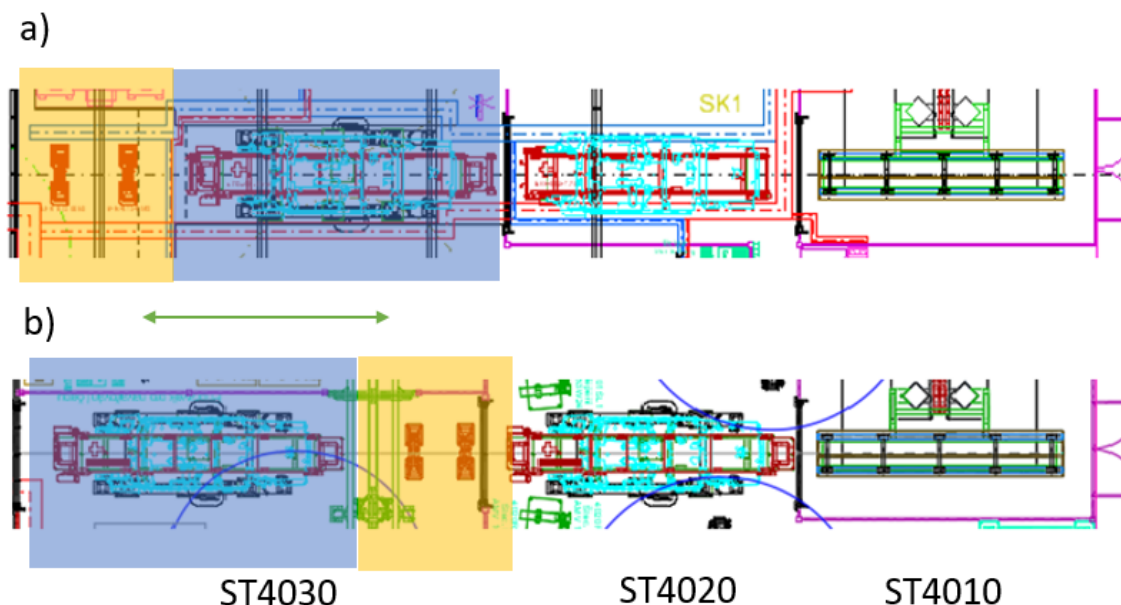
Ve stanici **4030** je jeden robot jeho činností je zakládat dopravované díly ze stanice 7010 a následně zaklipsovat.



Obr. 41 Výrobní stanice řešené oblasti-varianta A

6.1.2 Materiálový tok výrobního zařízení

Nosná část, tj. podlaha karoserie je umístěna na skidu. Dopravníkový systém byl upraven, dle potřeby rozmístění zařízení. Došlo k prohození jednoho dopravníku s přejezdovými válečky.



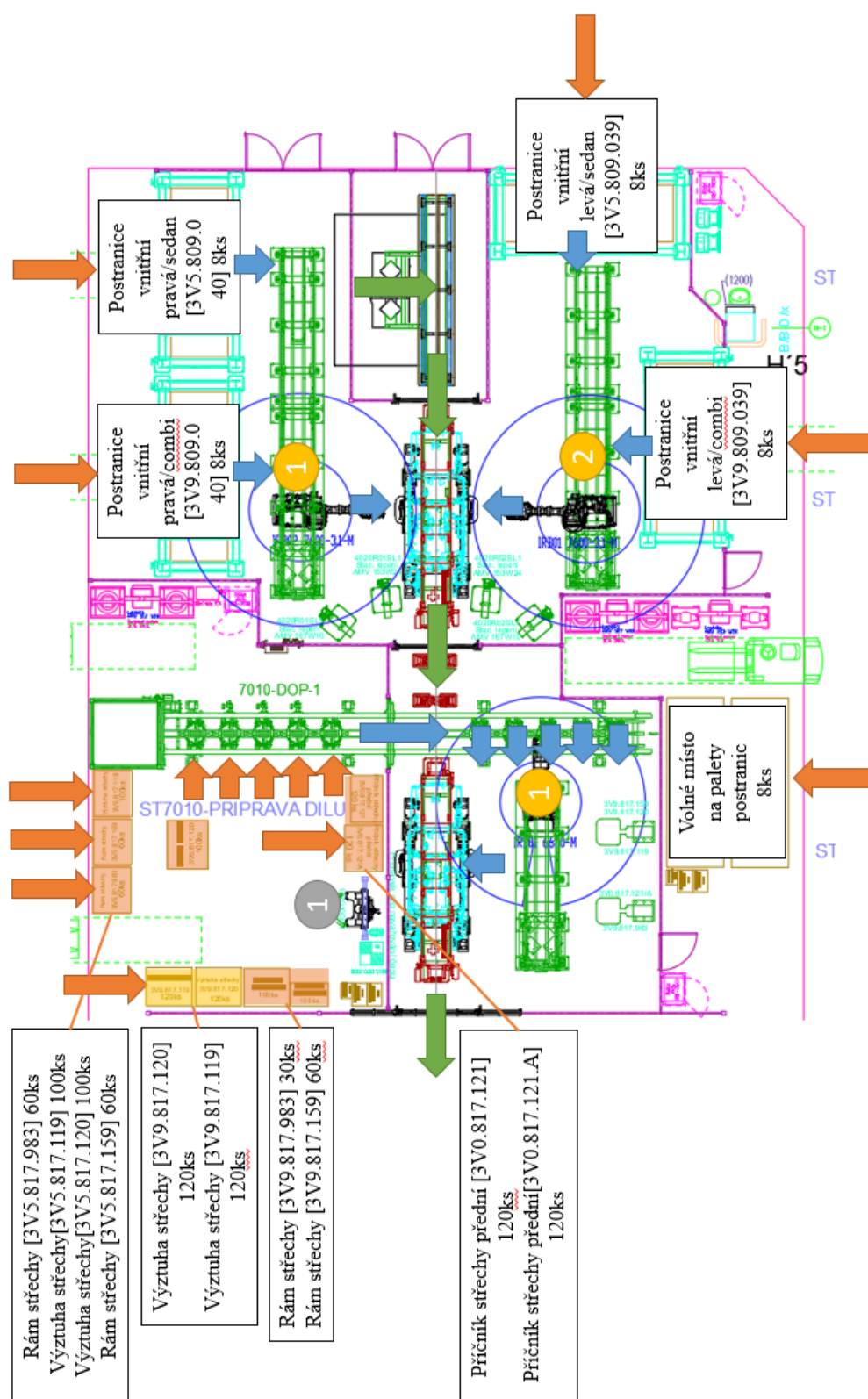
Obr. 42 Porovnání změny dopravníků s původním řešením a) původní řešení, b) Varianta A

Směr:

Zelenými šipkami je znázorněn pohyb skidu s nosnou částí/podlahou, řešená oblast má čtyři stanice. Ve stanici 4010 je skid přepraven zvedákem vertikálně. Poté je přepravován horizontálně pomocí válečkových dopravníků. Oranžovými šipkami je znázorněn přísun palet s jednotlivými díly, které jsou zakládány. Přísun palet s díly zajišťuje logistika pomocí vysokozdvížných vozíků z mezioperačního skladu. Modrými šipkami je znázorněn pohyb jednotlivých dílů pro založení, jakmile jsou ve výrobní oblasti. Šedým kolečkem s číslem je znázorněn operátor a oranžovým kolečkem s číslem průmyslový robot.

Frekvence:

Za jeden den práce, lze vyrobit pětsetčtyřicet kusů výsledných produktů. Frekvence je stanoveno z vyhodnocení časových diagramů.



Obr. 43 Materiálový tok řešené oblasti-varianta A

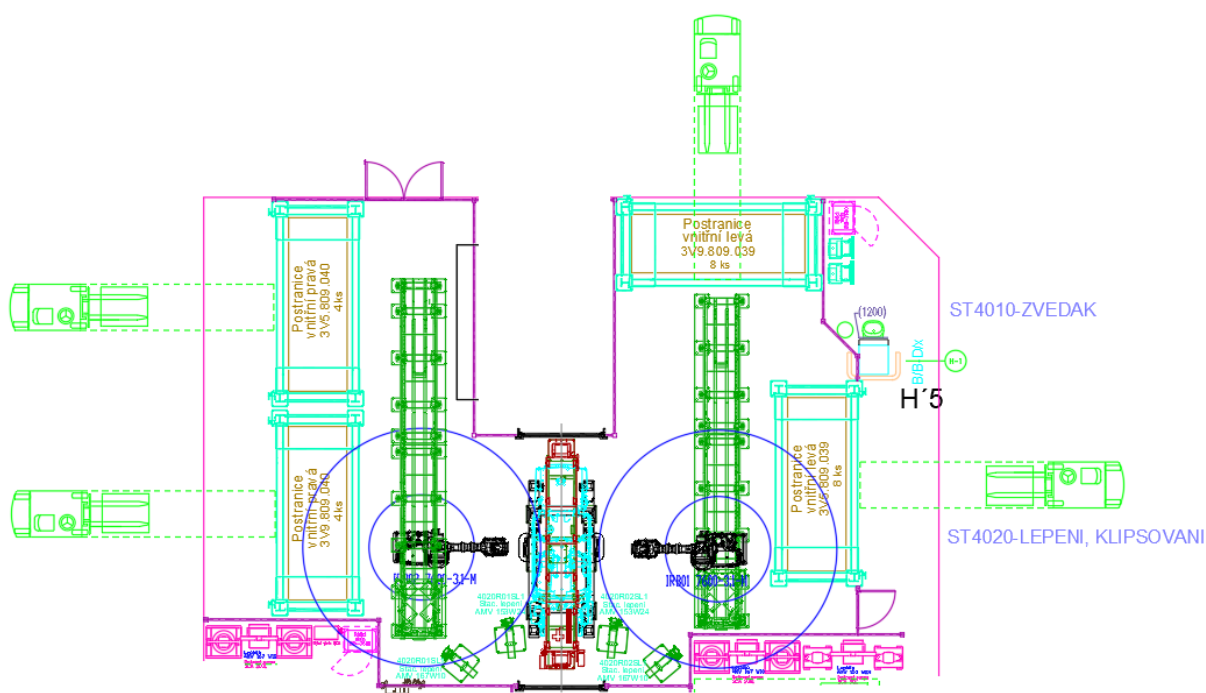
6.1.3 Přehled stanic a popis činností prováděných operátorem/robotem

Stanice 4010 - Zvedák

U této stanice zůstává původní řešení.

Stanice 4020 - Zakládání, lepení, klipsování dílů

Zde, jsou využiti dva roboti. Vzhledem k nutnosti dosahů robotu jsou zde nainstalovány 7.osy, které poskytují robotům větší mobilitu. K nanášení lepidla na díl je využito řešení od firmy SCA, popsáno na str. 13. Robot IRB01 přejede k příslušné paletě s dílem postranice [3V5.809.039/3V9.809.039], poté odebere díl z palety pomocí manipulátoru. Následně přejede k lepící stanici, nanese lepidlo AMV 167W10 a AMV153W24. Poté se přesune i s dílem na pozici, kde zakládá díl. Poté jej pomocí manipulátoru zaklipsuje. Robot IRB02 provádí stejnou činnost, jen s tím rozdílem, že má o 800 mm delší přejezd po 7.ose. palety s díly postranic jsou umístěny do paletových věží, kde jsou jednotlivé palety s díly nad sebou. Takto je zredukováno místo při stejném počtu kusů ve výrobní oblasti.



Obr. 44 Stanice 4020

Popis činností robotů IRB01 a IRB02:

Roboti jsou na obrázku znázorněni ve výchozí pozici,

- Lineární posun po 7. ose

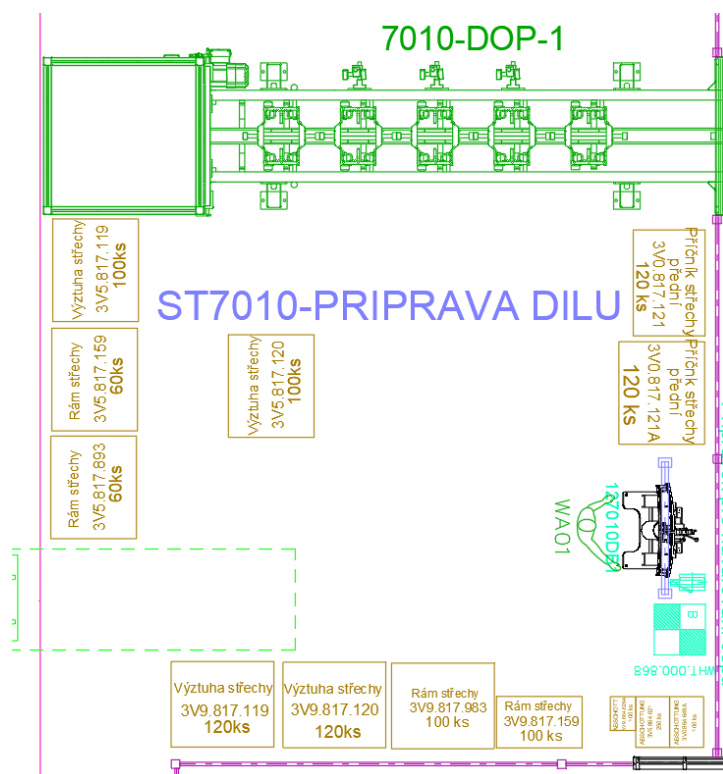
- Otočení kolem 1.osy o 90°, popř. 180°
- Naložení velkého dílu [3V5.809.039/3V9.809.039]
- Lineární posun po 7. ose
- Otočení kolem 1.osy o 90°, popř. 180°
- Nanesení lepidla AMV 167W10, AMV153W24
- Lineární posun po 7. ose
- Otočení kolem 1.osy o 90°
- Vyložit velký díl [3V5.809.039/3V9.809.039]
- Klipsování
- Lineární posun po 7. ose (do původní pozice)

Stanice 7010 - Svařování matic, zakládání dílů do dopravníku

Stanici se skládá z palet pro jednotlivé díly, které jsou zakládány po postranicích, jedná se o přední příčník, výztuhy a rámy střechy, Veškerý přísun materiálu zajišťuje personál logistiky. Operátor zde také přivařuje na přední příčník matici. Postupně všechny díly zakládá do dopravníku.

Dopravník dílů:

Přepravuje založené díly do stanice 4030. Dopravní funguje, tak že má vždy pět paletek ve stanici 7010 a pět ve stanici 4030. Deset sekund trvá dopravníku, aby vyměnil palety s díly mezi stanicemi. K výměně dochází na začátku pracovního taktu, po příjezdu skidu. Dopravník je ve stanici 7010, kde jej operátor nakládá vybaven mezi paletami 2-4 snímačem. Pro snímání, jestli je díl založený. Zároveň informuje operátor o založení jednotlivých dílů.



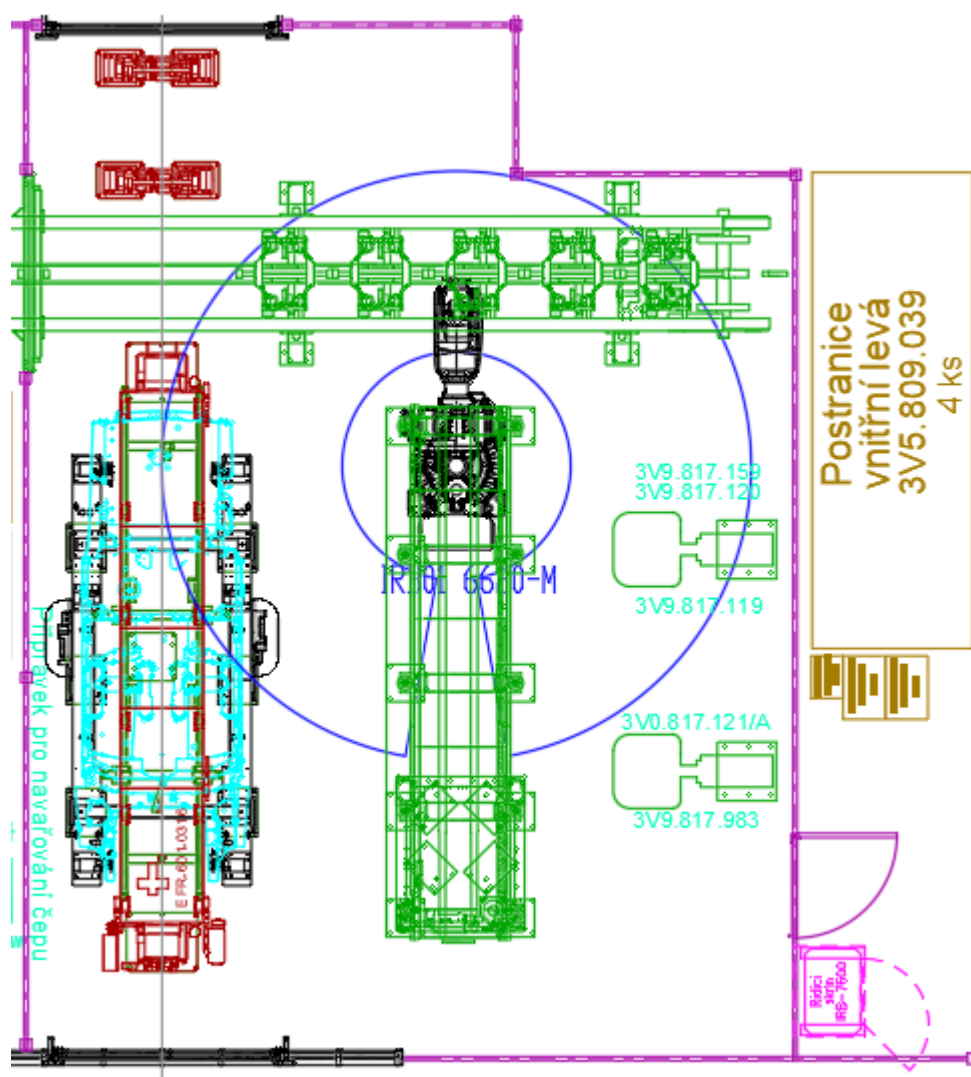
Obr. 45 Stanice 7010

Popis činností pracovníka WA01:

- Pracovník je u zařízení na svařování čepů.
- Vloží díl střešní příčník přední [3V0.817.121/3V0.817.121.A] do zařízení.
- Ruční upínač manuálně uzavřít.
- Vezme pistoli na čepy a čep manuálně přivaří. Navedení pistole se provádí automaticky.
- Po ukončení manuálních svařovacích operací, provede ověření kvality dle předpisů, svařovací pistoli uloží zpátky do odkládacího stojanu.
- Ruční upínač manuálně otevře.
- Díl vyjme z přípravku.
- Jde a díl založí do dopravníku [3V0.817.121/3V0.817.121.A]
- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V9.817.119;3V9.817.159]
- Založí do dopravníku
- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V9.817.120; 3V9.817.983]
- Založí do dopravníku
- Jde do původní pozice
- Stiskne tlačítko pro uvolnění

Stanice 4030 – Zakládání dílů, klipsování

Do stanice vede dopravník ze stanice 7010. Robot z dopravníku vyjme díl, založí jej a poté zaklipsuje. Z porovnání jednotlivých příčníků a přepážek, jsem zjistil, že jsou potřebné čtyři různé manipulátory. Protože se jedná o menší díly, lze zde použít kombinovaný manipulátor schopný založit a zaklipsovat dva různé díly najednou. Proto jsou zde pouze dvě dokovací stanice. Volné místa je možné využít pro odkládání palet s díly postranic.



Obr. 46 Stanice 4030

6.1.4 Cenová kalkulace*Tab. 8 Cena jednotlivých komponent varianty A*

Položka	MJ	j	cena za MJ [€]	Celkem [€]
Demontáž otoč stolů	4		800	3200
Demontáž oc. Konstrukce	1		6000	6000
Demontáž podesty	1		3000	3000
Uprava dopravníků	1		8000	8000

1. varianta

Položka	MJ	j	cena za MJ [€]	Celkem [€]
Paletová věž	4		75 000	300000
7. osa (IRB01,4020)	9,2	m	7500	69000
7. osa (IRB02,4020)	8,5	m	7500	63750
oc.k. 7. osa (IRB01,4020)	4000	kg	2	8000
oc.k. 7. osa (IRB02,4020)	4200	kg	2	8400
IRB01, IRB02 (4020)	2		37000	74000
Držák dávkovače	4		4000	16000
Dávkovač	4		10000	40000
tryska	4		300	1200
pumpa	0		0	0
řídící skříň	2		6000	12000
Dopravník	1		35000	35000
7. osa (IRB01,4030)	5		7500	37500
IRB01 (4030)	1		32000	32000
Oplocení	53	m	150	7950
Přejezdová vrata	1		8500	8500
dokovací stanice	2		4000	8000
Manipulátor	2		25000	50000
Rozvody médií	58	m	120	6960
Celkem				798460€

6.1.5 Logika a časový sled operací varianty

Logika a časový sled varianty je popsán pomocí výstřižků z časového diagramu operací, který je součástí příloh.

Kód operace	pracovník /robot	Popis činnosti	poznámky	počet	Čas jednotlivé operace [s]	celkový čas operace [s]	Čas [s]	
							od	do
233	ST 4020	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		5,5	1	5,5	14	19,5
89	IRB01	otočení osy 1 o 90 stupňů		1	2,5	2,5	19,5	22
82	IRB01	naložit díl velký	3V9.809.039	1	5,9	5,9	22	27,9
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		8	1	8	27,9	35,9
91	IRB01	otočení osy 1 o 180 stupňů		1	3,6	3,6	35,9	39,5
149	IRB01	lepení teplé_podlaha-dveře	AMV 167W10	10,4	6	62,4	39,5	101,9
149	IRB01	lepení teplé_podlaha-dveře	AMV 153W24	2,3	6	13,8	101,9	115,7
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1,8	1	1,8	115,7	117,5
89	IRB01	otočení osy 1 o 90 stupňů		1	2,5	2,5	117,5	120
83	IRB01	vyložit díl velký	3V9.809.039	1	5,9	5,9	120	125,9
171	IRB01	Klíčování_komplexní		2	4	8	125,9	133,9
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1	1	1	133,9	134,9
233	ST 4020	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		4	1	4	14	18
98	IRB02	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	18	20
82	IRB02	naložit díl velký	3V9.809.040	1	5,9	5,9	20	25,9
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		8	1	8	25,9	33,9
100	IRB02	otočení osy 3 o 180 stupňů		1	3,2	3,2	33,9	37,1
149	IRB02	lepení teplé_podlaha-dveře	AMV 167W10	10,4	6	62,4	37,1	99,5
149	IRB02	lepení teplé_podlaha-dveře	AMV 153W24	2,3	6	13,8	99,5	113,3
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		1,5	1	1,5	113,3	114,8
98	IRB02	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	114,8	116,8
83	IRB02	vyložit díl velký	3V9.809.040	1	5,9	5,9	116,8	122,7
171	IRB02	Klíčování_komplexní		2	4	8	122,7	130,7
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		2	1	2	130,7	132,7
233	ST 4030	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
178	IRB01	Transport materiálu		1	10	10	14	24
80	IRB01	naložit díl malý/střední	3V0.817.121/A	1	4	4	24	28
112	IRB01	otočení osy 6 o 180 stupňů		1	2,7	2,7	28	30,7
80	IRB01	naložit díl malý/střední	3V9.817.119	1	4	4	30,7	34,7
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		3,5	1	3,5	34,7	38,2
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	38,2	40,2
81	IRB01	vyložit díl malý/střední	3V0.817.121/A	1	4	4	40,2	44,2
171	IRB01	Klíčování_komplexní		1	4	4	44,2	48,2
112	IRB01	otočení osy 6 o 180 stupňů		1	2,7	2,7	48,2	50,9
81	IRB01	vyložit díl malý/střední	3V9.817.119	1	4	4	50,9	54,9
171	IRB01	Klíčování_komplexní		1	4	4	54,9	58,9
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		2	1	2	58,9	60,9
100	IRB01	otočení osy 3 o 180 stupňů		1	3,2	3,2	60,9	64,1
85	IRB01	výměna nástroje		1	12	12	64,1	76,1
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	76,1	78,1
80	IRB01	naložit díl malý/střední	3V9.817.159	1	4	4	78,1	82,1
112	IRB01	otočení osy 6 o 180 stupňů		1	2,7	2,7	82,1	84,8
80	IRB01	naložit díl malý/střední	3V9.817.983	1	4	4	84,8	88,8
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1,5	1	1,5	88,8	90,3
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	90,3	92,3
81	IRB01	vyložit díl malý/střední	3V9.817.159	1	4	4	92,3	96,3
171	IRB01	Klíčování_komplexní		1	4	4	96,3	100,3
112	IRB01	otočení osy 6 o 180 stupňů		1	2,7	2,7	100,3	103
81	IRB01	vyložit díl malý/střední	3V9.817.983	1	4	4	103	107
171	IRB01	Klíčování_komplexní		1	4	4	107	111
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1,5	1	1,5	111	112,5
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	112,5	114,5
80	IRB01	naložit díl malý/střední	3V9.817.120	1	4	4	114,5	118,5
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1	1	1	118,5	119,5
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	119,5	121,5
81	IRB01	vyložit díl malý/střední	3V9.817.120	1	4	4	121,5	125,5
171	IRB01	Klíčování_komplexní		1	4	4	125,5	129,5
100	IRB01	otočení osy 3 o 180 stupňů		1	3,2	3,2	129,5	132,7
85	IRB01	výměna nástroje		1	12	12	132,7	144,7
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	144,7	146,7
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		2	1	2	146,7	148,7

	ST7010						
1	WA01	chůze (1m)		3	1	3	0
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.121/A	1	5	5	3
1	WA01	chůze (1m)		3	1	3	8
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)	Přípravku na svařování matic	1	5	5	11
41	WA01	manuálně otevřít/zavřít španer		1	2	2	16
19	WA01	vezme si ruční nástroj	Svářečka matic	1	7	7	18
24	WA01	svařování matice	WHT.000.868	1	5	5	25
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.121/A	1	5	5	30
1	WA01	chůze (1m)		4	1	4	35
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.121/A	1	5	5	39
1	WA01	chůze (1m)		6	1	6	44
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V9.817.119;3V9.817.159	2	5	10	50
1	WA01	chůze (1m)		6	1	6	60
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)	3V9.817.119; 3V9.817.159	2	5	10	66
1	WA01	chůze (1m)		6	1	6	76
3	WA01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V9.817.120; 3V9.817.983	2	5	10	82
1	WA01	chůze (1m)		6	1	6	92
9	WA01	uloží střední díl (max. 1000x750)	3V9.817.120; 3V9.817.983	2	5	10	98
1	WA01	chůze (1m)	Výchozí pozice	4	1	4	108
18	WA01	odmáčknutí tlačítka uvolnění		1	1	1	112

Obr. 47 Logika a časový sled operací varianty A

6.1.6 Předpokládané parametry varianty

Zde budou rovněž stanoveny nároky na spotřebu energií a požadavky na údržbu klíčových komponent navržené koncepce.

Předpokládané parametry pracoviště:

- Zastavěná plocha 332 m²
- Takt 150 vteřin
- Zdroj el. energie 400 V, 50 Hz
- Tlak 6 bar
- Automatizace částečná

Nároky na spotřebu el. energie

Tab. 9 Nároky na spotřebu el. energie varianty A

Zařízení	kW	Za den
Paletová věž	0,2	4,5 kWh
7. osa (IRB01,4020)	1,2	27 kWh
7. osa (IRB02,4020)	1,2	27 kWh
IRB01, IRB02 (4020)	7,4	166,5 kWh
Technologie lepení	1,63	37 kWh
Dopravníky	2,18	49 kWh
7. osa (IRB01,4030)	1,2	27 kWh
IRB01 (4030)	3,7	84 kWh
dokovací stanice	0,65	14,6 kWh
Celkem		436 kWh

Nároky na spotřebu stl. vzduchu

Tab. 10 Nároky na spotřebu stlačeného vzduchu varianty A

Zařízení	kW
Manipulátory	6,6
Fixace podlahy	1,8x2
Technologie lepení	0,4

Celkem	10,6
--------	------

Pravidelná údržba

Tab. 11 Pravidelná údržba varianty A

Zařízení	Činnost	denně	Týdně	Měsíčně	Ročně
Prostředí	Kompletní úklid			X	
Technologie lepení	Výměna odkapávací nádoby	X			
	Kontrola těsnosti vedení			X	
	Výměna lepidla		X		
	Čištění trysek		X		
Robot	Celková kontrola			X	
Pohony	Motory dopravníků			X	
	Převodovky				X
	Brzdy				X
	Mazání			X	
Paletová věž	Čištění senzorů		X		
Manipulátor	Kontrola Upínání			X	
Bezpečnost prvky	Kontrola funkčnosti Světelné závory, Laserový skener		X		
	Kontrola funkčnosti Roletové dveře, bezpečnostní dveře			X	

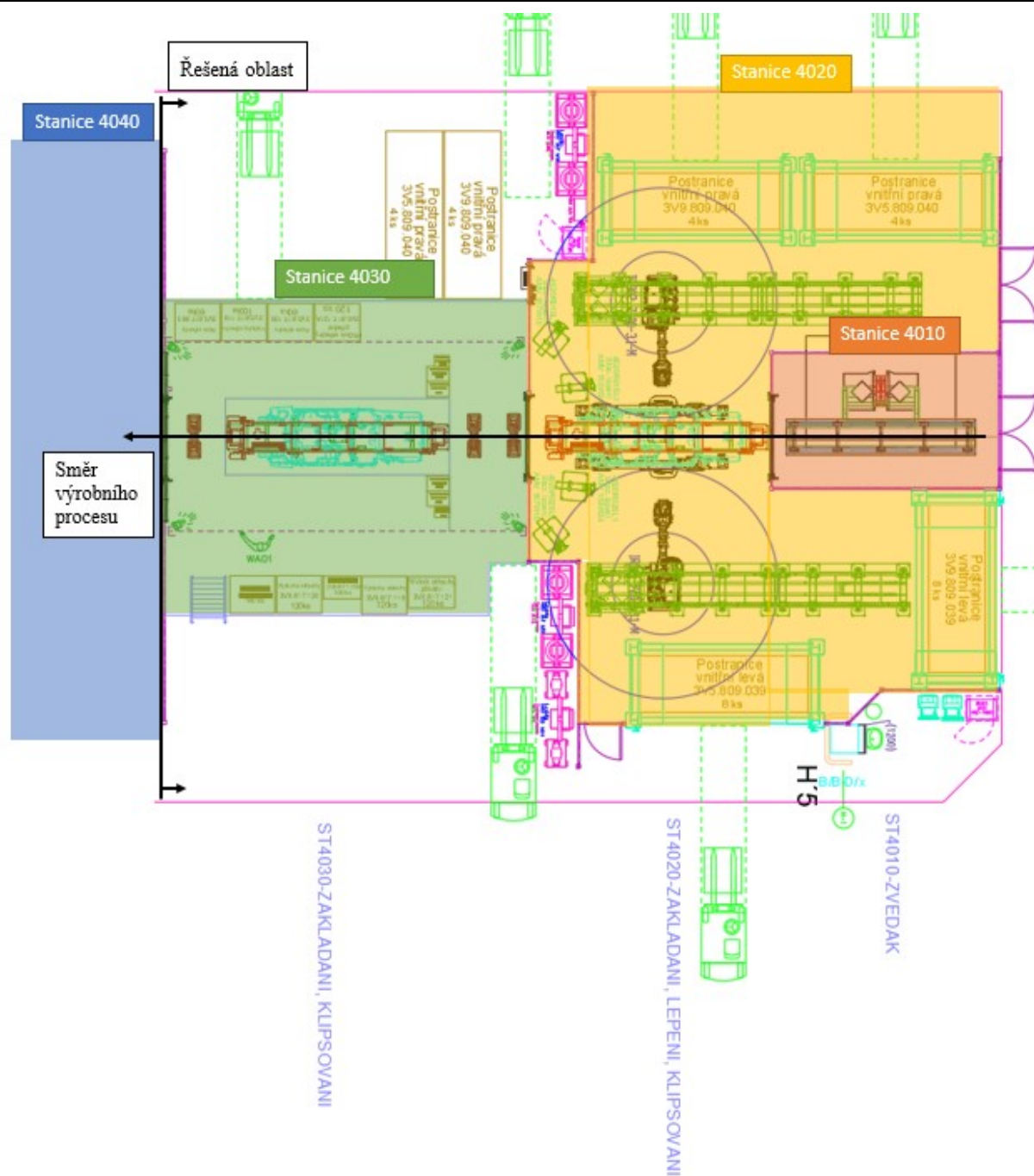
6.2 Varianta B

Druhá navržená varianta, se skládá z tři pracovních stanic. Jsou zde využiti Dva roboti a jeden operátor. Jednotlivé úkony robotů/pracovníků budou dále popsány pomocí časových diagramů a na základě toho bude stanoven dosažený takt.

6.2.1 Koncepce varianty

Jednotlivé díly jsou do automatického výrobního procesu vkládány pomocí manipulátorů jednotlivých robotů. Díly s paletami jsou dopravovány pomocí vysoko zdvižných vozíků. Přesun mezi stanicemi je řešen stejným způsobem.

1. Ve stanici **4010** se dopravuje svařená nosná část/podlaha zvedacím dopravníkem z jiné výrobní linky, kde se svařuje. Oproti původnímu řešení se nezměnila.
2. Ve stanici **4020** se nanáší lepidlo na díly postranic a poté jsou díly založeny k podlaze a následně pomocí manipulátoru zaklipsovány. Využiti jsou zde roboti. Shodné s 1. navrženou variantou.
3. Ve stanici **4030** je jeden operátor, jeho činností je založit jednotlivé příčníky, přepážky a výztuhy střechy, následně díly manuálně zaklipsovat. Vzhledem k požadovanému taktu, zde odpadá technologie přivařování matice na přední příčník střechy. Tato činnost je přesunuta do jiného výrobního procesu.
4. Ve stanici **4040** dochází k robotickému svařování, oblast není řešením práce.



Obr. 48 Výrobní stanice řešené oblasti-varianta B

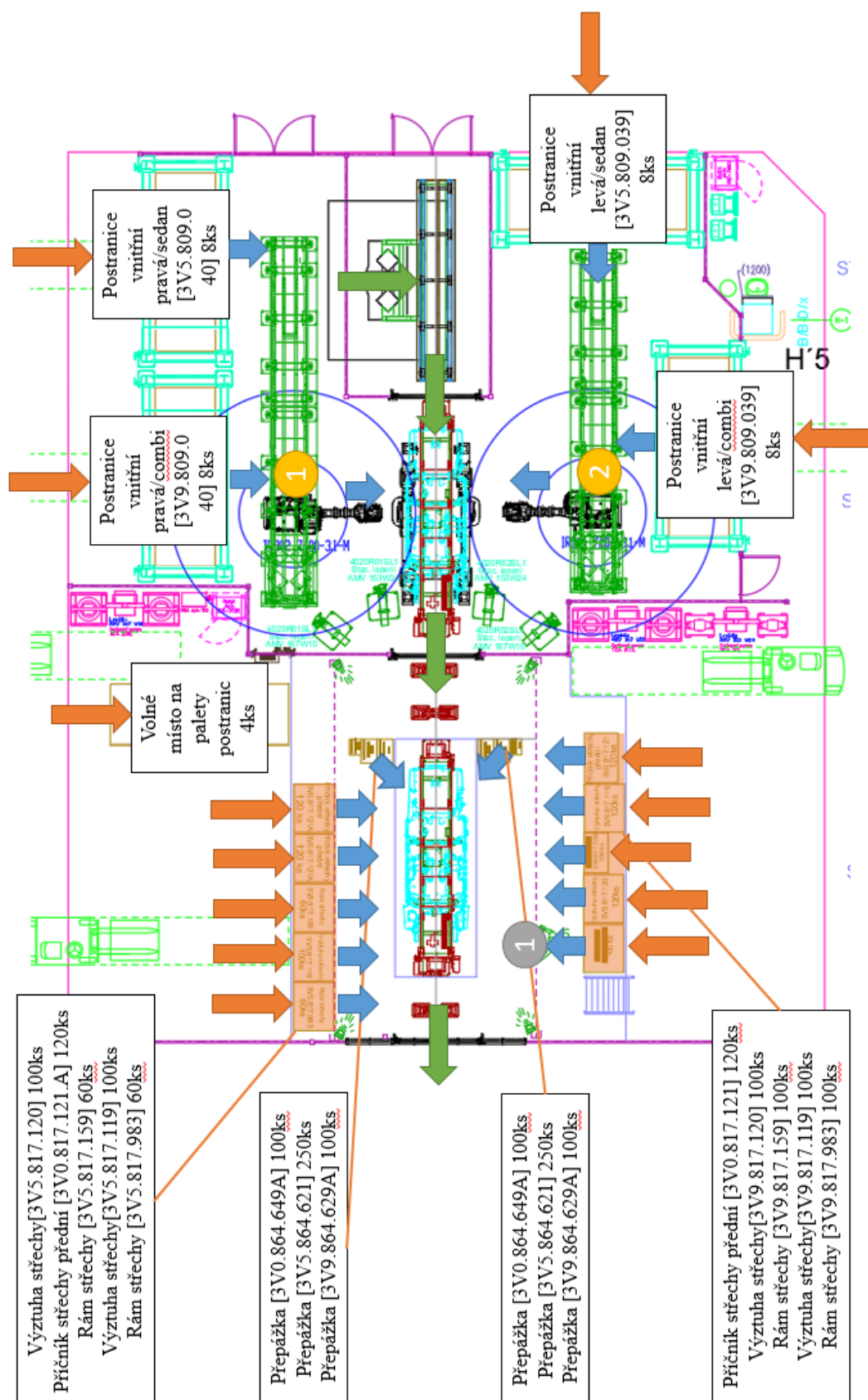
6.2.2 Materiálový tok výrobního zařízení

Směr:

Zelenými šipkami je znázorněn pohyb skidu s nosnou částí/podlahou, řešená oblast má tři stanice. Ve stanici 4010 je skid přepraven zvedákem vertikálně. Poté je přepravován horizontálně pomocí válečkových dopravníků. Oranžovými šipkami je znázorněn přísun palet s jednotlivými díly, které jsou zakládány. Přísun palet s díly zajišťuje logistika pomocí vysokozdvížných vozíků z mezioperačního skladu. Modrými šipkami je znázorněn pohyb jednotlivých dílů pro založení, jakmile jsou ve výrobní oblasti. Šedým kolečkem s číslem je znázorněn operátor a oranžovým kolečkem s číslem průmyslový robot.

Frekvence:

Za jeden den práce, lze vyrobit pětsetčtyřicet kusů výsledných produktů. Frekvence je stanoveno z vyhodnocení časových diagramů.



Obr. 49 Materiálový tok řešené oblasti-varianta A

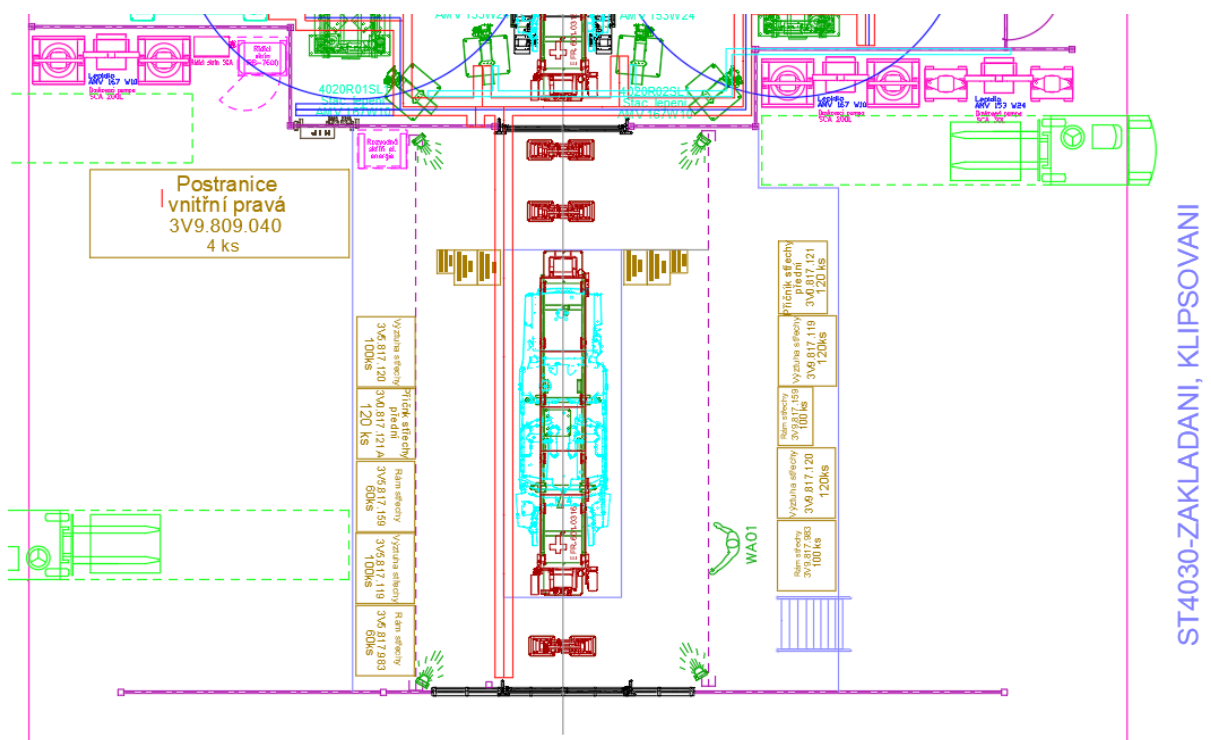
6.2.3 Přehled stanic a popis činností prováděných operátorem/robotem

Stanice 4030 – Zakládání dílů, klipsování

Operátor vyjímá jednotlivé díly z palet ručně. Zakládá a klipsuje ručně.

Popis činností pracovníka WA01:

- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V0.817.121/A]
- Založí a zaklipsuje
- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V9.817.120; 3V5.817.983]
- Založí a zaklipsuje
- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V9.817.159/3V9.817.120/3V5.817.159]
- Založí a zaklipsuje
- Pracovník jde k paletě vyjme díl [3V9.817.159/3V9.817.120/3V5.817.159]
- Založí a zaklipsuje
- Jde do původní pozice
- Stiskne tlačítko pro uvolnění



Obr. 50 Stanice 4030

6.2.4 Cenová kalkulace

Tab. 12 Cena jednotlivých komponent varianty B

2. varianta

Položka	MJ	j	cena za MJ [€]	Celkem [€]
Paletová věž	4		75 000	300000
7. osa (IRB01,4020)	9,2	m	7500	69000
7. osa (IRB02,4020)	8,5	m	7500	63750
oc.k. 7. osa (IRB01,4020)	4000	kg	2	8000
oc.k. 7. osa (IRB02,4020)	4200	kg	2	8400
IRB01, IRB02	2		37000	74000
Držák dávkovače	4		4000	16000
Dávkovač	4		10000	40000
tryska	4		300	1200
pumpa	0		0	0
řídící skříň	2		6000	12000
Dopravník	1		35000	35000
Oplocení	32	m	150	4800
Přejezdová vrata	1		8500	8500
Rozvody médií	45	m	120	5400
Podesta (4030)	70	m ²	200	14000

Celkem		660050 €
---------------	--	-----------------

6.2.5 Logika a časový sled operací varianty

Logika a časový sled varianty je popsán pomocí výstřižků z časového diagramu operací, který je součástí příloh.

Kód operace	pracovník /robot	Popis činnosti	poznámky	počet	Čas jednotlivé operace [s]	celkový čas operace [s]	Čas [s]	
							od	do
233	ST 4020	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		5,5	1	5,5	14	19,5
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	19,5	21,5
82	IRB01	naložit díl velký	3V9.809.039	1	5,9	5,9	21,5	27,4
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		8	1	8	27,4	35,4
100	IRB01	otočení osy 3 o 180 stupňů		1	3,2	3,2	35,4	38,6
149	IRB01	lepení teplé podlaha-dveře	AMV 167W10	10,4	6	62,4	38,6	101
149	IRB01	lepení teplé podlaha-dveře	AMV 153W24	2,3	6	13,8	101	114,8
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1,8	1	1,8	114,8	116,6
98	IRB01	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	116,6	118,6
83	IRB01	vyložit díl velký	3V9.809.039	1	5,9	5,9	118,6	124,5
171	IRB01	Klinčování_komplexní		2	4	8	124,5	132,5
116	IRB01	lineární posun osy 7 o 1 m		1	1	1	132,5	133,5
233	ST 4020	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		4	1	4	14	18
98	IRB02	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	18	20
82	IRB02	naložit díl velký	3V9.809.040	1	5,9	5,9	20	25,9
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		8	1	8	25,9	33,9
100	IRB02	otočení osy 3 o 180 stupňů		1	3,2	3,2	33,9	37,1
149	IRB02	lepení teplé podlaha-dveře	AMV 167W10	10,4	6	62,4	37,1	99,5
149	IRB02	lepení teplé podlaha-dveře	AMV 153W24	2,3	6	13,8	99,5	113,3
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		1,5	1	1,5	113,3	114,8
98	IRB02	otočení osy 3 o 90 stupňů		1	2	2	114,8	116,8
83	IRB02	vyložit díl velký	3V9.809.040	1	5,9	5,9	116,8	122,7
171	IRB02	Klinčování_komplexní		2	4	8	122,7	130,7
116	IRB02	lineární posun osy 7 o 1 m		2	1	2	130,7	132,7
233	ST 4030	Přijezd skidu/upnutí		1	14	14	0	14
1	IRB01	chůze (1m)		1	1	1	14	15
3	IRB01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.121/A	1	5	5	15	20
3	IRB01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V0.817.121/A	1	5	5	20	25
1	IRB01	chůze (1m)		1	1	1	25	26
9	IRB01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	26	31
9	IRB01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	31	36
49	IRB01	Klinčování, klipsování		4	5	20	36	56
1	IRB01	chůze (1m)	3V9.817.119/3V5.817.119	1	1	1	56	57
3	IRB01	vezme střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	57	62
3	IRB01	vezme střední díl (max. 1000x750)	3V9.817.119/3V5.817.119	1	5	5	62	67
1	IRB01	chůze (1m)		1	1	1	67	68
9	IRB01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	68	73
9	IRB01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	73	78
49	IRB01	Klinčování, klipsování		4	5	20	78	98
1	IRB01	chůze (1m)	3V9.817.159/3V9.817.120/3V5.817.159	1	1	1	98	99
3	IRB01	vezme střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	99	104
1	IRB01	chůze (1m)	3V9.817.159/3V9.817.120/3V5.817.159	1	1	1	104	105
9	IRB01	uloží střední díl (max. 1000x750)		1	5	5	105	110
49	IRB01	Klinčování, klipsování		2	5	10	110	120
1	IRB01	chůze (1m)		1	1	1	120	121
2	IRB01	vezme malý díl (max.500x300)		3	4	12	121	133
1	IRB01	chůze (1m)	3V9.817.983/3V5.817.893	1	1	1	133	134
8	IRB01	uloží malý díl (max.500x300)		3	3	9	134	143
1	IRB01	chůze (1m)		1	1	1	143	144
18	IRB01	odmáčknutí tlačítka uvolnění		1	1	1	144	145

Obr. 51 Logika a časový sled operací varianty A

6.2.6 Předpokládané parametry varianty

Předpokládané parametry pracoviště:

- Zastavěná plocha 296 m²
- Takt 150 vteřin
- Zdroj el. energie 400 V, 50 Hz
- Tlak 6 bar
- Automatizace částečná

Nároky na spotřebu el. energie

Tab. 13 Nároky na spotřebu el. energie varianty B

Zařízení	kW	Za den
Paletová věž	0,2	4,5 kWh
7. osa (IRB01,4020)	1,2	27 kWh
7. osa (IRB02,4020)	1,2	27 kWh
IRB01, IRB02 (4020)	7,4	166,5 kWh
Technologie lepení	1,63	37 kWh
Dopravníky	2,18	49 kWh
Celkem		310 kWh

Nároky na spotřebu stl. vzduchu

Tab. 14 Nároky na spotřebu stlačeného vzduchu varianty B

Zařízení	kW
Manipulátory	4,4
Fixace podlahy	1,8
Technologie lepení	0,4
Celkem	6,6

Pravidelná údržba

Tab. 15 Pravidelná údržba varianty B

Zařízení	Činnost	denně	Týdně	Měsíčně	Ročně
Prostředí	Kompletní úklid			X	

Technologie lepení	Výměna odkapávací nádoby	X			
	Kontrola těsnosti vedení			X	
	Výměna lepidla		X		
	Čištění trysek		X		
Robot	Celková kontrola			X	
Pohony	Motory dopravníků			X	
	Převodovky				X
	Brzdy				X
	Mazání			X	
Paletová věž	Čištění senzorů		X		
Manipulátor	Kontrola Upínání			X	
Bezpečnost prvky	Kontrola funkčnosti Světelné závory, Laserový skener		X		
	Kontrola funkčnosti Roletové dveře, bezpečnostní dveře			X	

7 Vyhodnocení navržených variant robotizace řešené oblasti

Dle časového náměru:

V 1. variantě bylo dosaženo požadovaného taktu na výrobní lince 150 sekund. Robot IRB01 ve stanici 4020, potřebuje dle časového diagramu na prováděné operace 135 sekund. Robot IRB02 potřebuje dle časového diagramu na prováděné operace 133 sekund. Tento rozdíl 2 sekund, je dán kratšími přejezdovými vzdálenostmi po 7. ose robota. Pracovník WA01 ve stanici 7010 potřebuje dle časového diagramu na provedení veškerých operací 113 sekund, není tedy vytížen po celou dobu výrobního taktu. Robot IRB01, ve stanici 4030, zakládající příčníky a výztuhy střechy potřebuje k provedení svých operací 149 sekund. Tohoto času lze dosáhnout pouze kombinovanými manipulátory, které jsou schopny uchopit dva díly.

Ve 2. variantě zůstává pracovní stanice ST4020 shodná s 1. navrženou variantou liší se zde proces ve stanici 4030, kde příčníky nezakládá robot, ale pracovník WA01. Potřebný čas na prováděné činnosti tohoto pracovníka je dle časového diagramu stanoven na 145 sekund

Dle Technologického procesu:

U první varianty není možné roboticky zakládat plastové přepážky (3V9.864.629A/3V5.864.624/3V0.864.649A), vzhledem k dodržení výrobního taktu. Přepážky se pouze nacvakují, bylo by obtížné kontrolovat správně provedený proces robotem, tato operace bude přesunuta. Lze ji provádět před přísunem postranic do výrobního procesu.

U druhé varianty odpadá proces navařování matice (WHT.000.868) na přední příčník střechy (3V0.817.121/3V0.817.121.A), Navařování matic bude přesunuto na samostatnou stanici mimo výrobní linku, zde se budou předpřipravovat všechny přední příčníky a do výrobního procesu budou vstupovat už kompletní, tj. s navařenou maticí.

Dle předpokládané ceny:

Demontáž stávajícího zařízení, tj. ocelové konstrukce nesoucí manipulátor, otočných stolů a pochozí podesty pro pracovníky, cena stanovena na 12 200€. Úprava dopravníkové techniky, cena stanovena na 8000€.

Výsledné ceny za jednotlivé položky jsou včetně veškerých inženýrských a technických prací nutných k zprovoznění výrobní linky. Celková cena u první varianty je 798 460€, u

druhé varianty 660 050€. Největší rozdíl, který zde vzniká je ve stanici 4030, kde u první varianty je robot se 7. osou a dopravník, což představuje největší rozdíl v cenách.

Výsledné stanovisko

Obě varianty splňují požadovaný výrobní takt. Technologické nedostatky procesu lze řešit, jejich přesunutím na jiná pracoviště. Druhá varianta je ovšem levnější a operace, které může provést člověk lze nahradit jen zařízením za poměrně vysokou cenu. U lepení docházelo k tomu, že nanesení lepidla operátorem nebylo vždy rovnoměrné. Z tohoto důvodu jej bylo nutné automatizovat. Varianta 2 je tedy vybrána jako adekvátní řešení výrobního procesu.

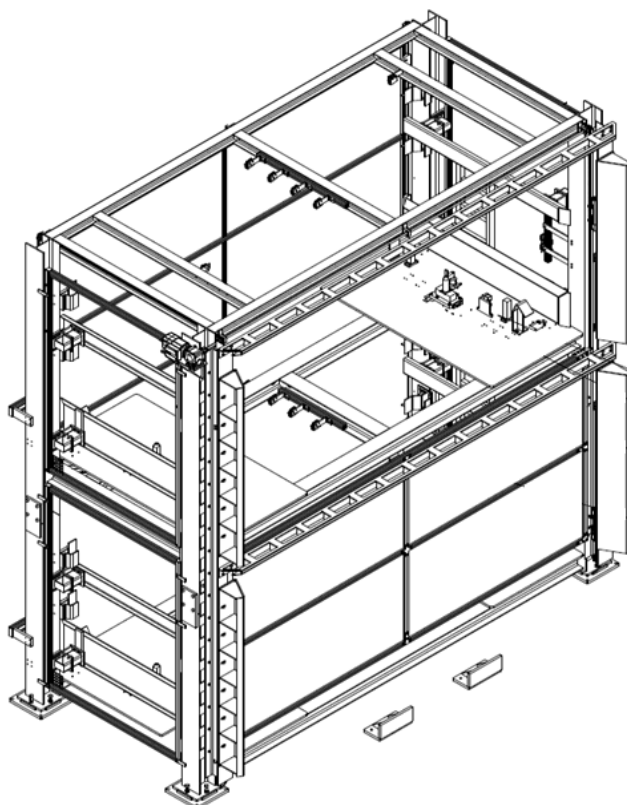
8 Podrobné rozpracování varianty B

V kapitole je uvedeno podrobné rozpracování výsledné varianty včetně výběru periferních zařízení, vypracování bezpečnostního konceptu a volba prvků použitých pro zabezpečení řešeného pracoviště.

8.1 Výběr jednotlivých prvků

Paletová věž

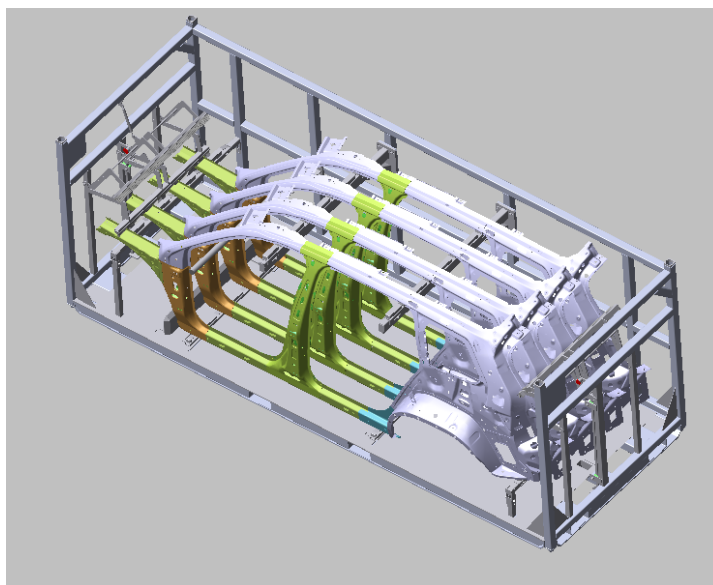
- Dvoupatrová (dvě palety)
- Rozměry dle palety (přibližně 5,2x2,3x4,9 [m])
- Možnost snímání dílů 1 a 4 (indukční snímač)
- Posuvné vrata ze strany vkládání i odebírání
- Vedení při vkládání palet



Obr. 52 Příklad paletové věže, konstrukce CHS

Paleta

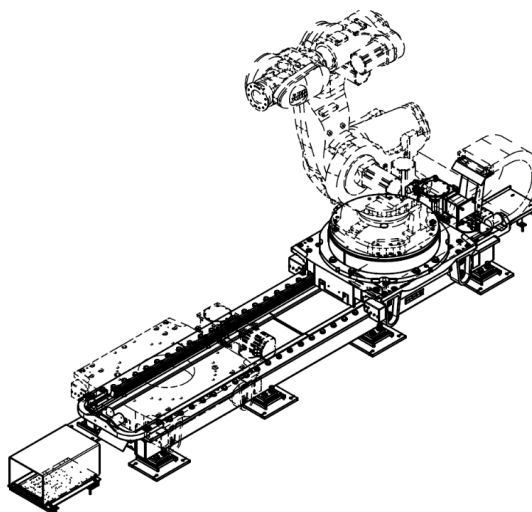
- Přesné uložení jednotlivých dílů
- Fixace jednotlivých dílů při přepravě
- Rozměry dle dílů
- Palety dodávány zákazníkem
- Omezení počtu kusů vzhledem k tuhosti konstrukce



Obr. 53 Příklad palety. Konstrukce ŠA

7. osa

- Délka 9,2m a 8,6m
- Nakupované zařízení
- Možní dodavatelé FEE nebo Güdel

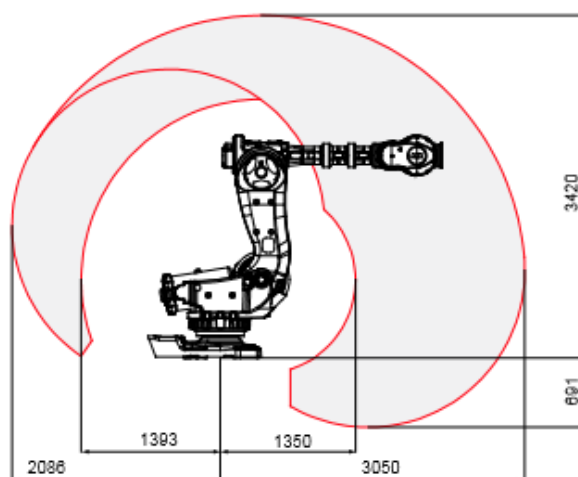


Obr. 54 Příklad 7.osy robota od firmy FEE [13]

Robot

- Požadovaný dosah 3 m
- Hmotnost dílu s manipulátorem, přibližně 160 kg
- Nakupované zařízení
- Možní dodavatelé Kuka, Fanuc, ABB

Working range, IRB 7600-325/3.10



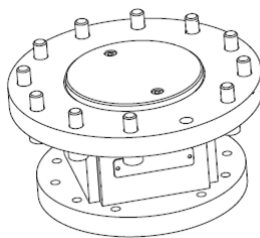
Specification

Robot version	Reach (m)	Handling capacity (kg)*	Center of gravity (kg)	Wrist torque (Nm)
Without LeanID				
IRB 7600-500/2.55	2.55	500	360	3010
IRB 7600-400/2.55	2.55	400	512	3010
IRB 7600-340/2.80	2.80	340	360	2750
IRB 7600-325/3.10	3.10	325	360	2680
IRB 7600-150/3.50	3.50	150	360 [†]	1880

Obr. 55 Robot firmy ABB, IRB 7600-325/3.10 [14]

Interfejs Robot/manipulátor

- Kolíkové díry, šrouby
- Rozteč děr dle robota



Obr. 56 Příklad interfejsu, konstrukce CHS

Manipulátor

- Využití stávajícího
- Možná úprava uchycení

Pumpa pro lepení

- Potřebný objem lepidla na pracovní den:

AMV 167 W10

62 litrů

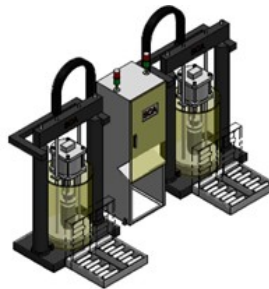
Pumpa bude mít dvě 100 litrové nádrže. Jsou použity 2 pumpy, tj. výměna nutná vždy po šesti dnech.

AMV 153 W24

7,22 litrů

Pumpa bude mít dvě 30 litrové nádrže. Je použita 1 pumpy, tj. výměna nutná vždy po osmi dnech.

- Nakupované zařízení, firmy Atlas Copco nebo Dürr



Obr. 57 Pumpa, firma SCA [6]

Dávkovač

- Standart 0°, ventil od firmy SMC
- AMV 167 W10

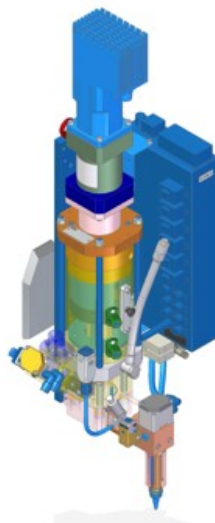
Lepení probíhá celkem 63s, nutno dávkovat $0,12 \text{ dm}^3 = 120 \text{ cm}^3 \Rightarrow 1,9 \text{ cm}^3/\text{s}$

Zvolen dávkovač 20ccm

- AMV 153 W24

Lepení probíhá celkem 2,3s, nutno dávkovat $0,014 \text{ dm}^3 = 14 \text{ cm}^3 \Rightarrow 6,1 \text{ cm}^3/\text{s}$

Zvolen dávkovač 80ccm / 160ccm (240bar)



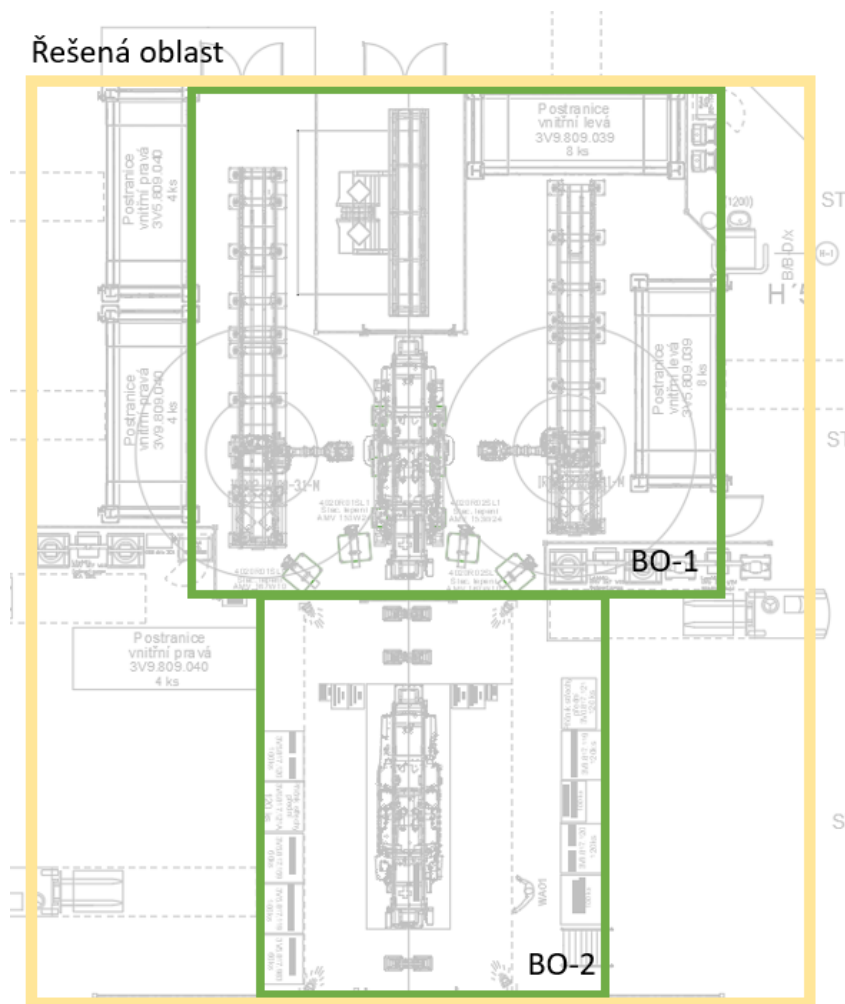
Obr. 58 Příklad dávkovače, firmy SCA [6]

Tryska

- Průměr 5 a 7 mm

8.2 Bezpečnostní koncept vybrané varianty

Řešená oblast je rozdělena na dva bezpečnostní kruhy, stanice 4010 a 4020 jsou jeden okruh. Stanice 4030 je druhý bezpečnostní okruh. Oba BO mají společný rozvod vzduchu i el. skříně. Při porušení BO-1 je vypnut BO-2 a také BO-1. Při porušení BO-2 je vypnut BO-2 a také BO-1.

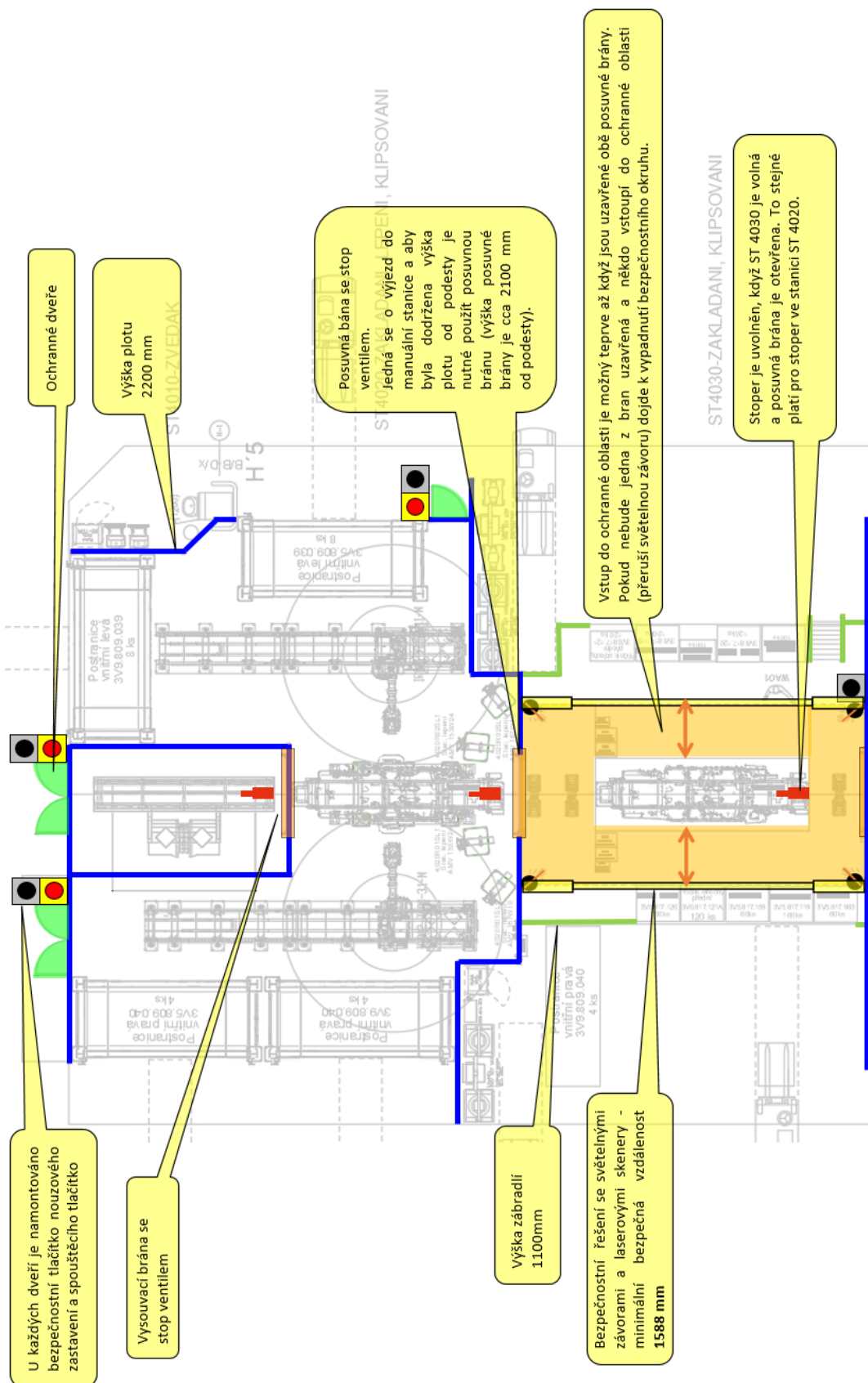


Obr. 59 Bezpečnostní okruhy řešené oblasti

Základní pokyny

- Manipulace se součástmi bezpečnostního zařízení jsou zakázány
- Bezpečnostní a ochranná zařízení slouží k bezpečnosti osob a ochraně výrobní linky
- Nebezpečné oblasti jsou chráněné ochranným oplocením, aby k nim nebyl přístup
- Svévolné pokračování v práci s poškozeným bezpečnostním zařízením je zakázáno

Bezpečnostní koncept



Obr. 60 Koncept zabezpečení řešeného pracoviště

Výpočet minimální bezpečné vzdálenosti pro bezdotykové bezpečnostní prvky dle normy EN ISO 13855:

$$\text{Rovnice: } S = 1600 * T + 8 * (d - 14)$$

$S \rightarrow$ minimální bezpečná vzdálenost [mm]

$T \rightarrow T_m + T_s \rightarrow$ reakční čas celého systému [s] =
= 0,9 + 0,012 = 0,912 s

$T_m \rightarrow$ brzdný čas [s] = 0,9 s

$T_s \rightarrow$ reakční čas bezdotykového bezpečnostního prvku [s] = 0,012 s

$D \rightarrow$ Rozlišení bezdotykového bezpečnostního prvku [mm] = 30 mm

$$S = S = 1600 * T + 8 * (d - 14) = 1600 * (0,9 + 0,012) + 8 * (30 - 14) = 1459,2 + 128 = \underline{1587,2 \text{ mm}}$$

Minimální bezpečná vzdálenost $S = 1588 \text{ mm}$

Obr. 61 Výpočet minimální bezpečné vzdálenosti.

8.3 Volba jednotlivých prvků zabezpečení řešené oblasti

Ochranné oplocení

Pro ohraničení ohrožené oblasti zvenčí je celé zařízení oploceno pevným ochranným plotem, který znemožňuje zásahu do nebezpečných prostor

Pokud je nutné ochranné oplocení demontovat pro účely oprav, nesmí být zařízení v provozu. Musí být zajištěno proti opětovnému spuštění:

- Vypnutím hlavního vypínače a zajištěním visacím zámkem.
- Odvzdušnit zařízení a zavřít hlavní ventil, příp. snížit tlak v tlakovém zásobníku.

Oplocení firmy ABB, stavební systém QUICK-GARD, výška oplocení od země 2200 mm, uvažovanou výplní oplocení je makrolon.



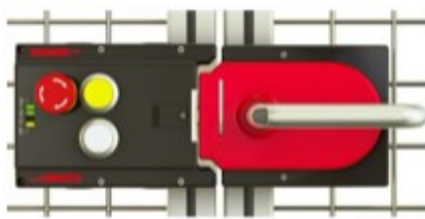
Obr. 62 Oplocené pracoviště systém QUICK-GARD [16]

Bezpečnostní dveře

Přístup do ochranného pásma zařízení je možný pouze elektronicky sledovanými bezpečnostními dveřmi. K opuštění ochranného pásma a opětovnému zavření dveří oplocení, spojené s opětovným zahájením provozu linky, musí dojít potvrzením kombinace tlačítek nacházejících se na ochranném oplocení vedle dveří.

Na dveře je nutno instalovat procesní zámek, k odemknutí dveří nedojde dříve dokud neskončí výrobní cyklus.

Zvolen byl bezpečnostní multifunkční dvevní systém MGB, od firmy EUCHNER.



Obr. 63 Bezpečnostní multifunkční dveřní systém MGB [17]

Roletové dveře

Roletové dveře slouží k zajištění otvoru v ochranném oplocení, kterým se dopravují vyráběné díly do nebezpečné oblasti. Roletové dveře zajišťují otvory v ochranném oplocení proti zásahu do nebezpečné oblasti.

Roletové dveře firmy Albany RP300USD, šířka 1200 mm, výška 1700 mm.



Obr. 64 Roletové dveře firmy Albany RP300USD [18]



Obr. 65 Roletové dveře firmy Albany RP300 [18]

Bezpečnostní spínač

Bezpečnostní spínač slouží k přerušení elektrického proudu v nebezpečné oblasti, do které může pracovník vstoupit. Bezpečnostní spínač v okamžiku otevření přeruší napájení nebezpečné oblasti elektrickým proudem a zařízení využívající el. proud se neuvede do pohybu.

Bezpečnostní spínač firmy ABB, MPM2-11R, průměr 60mm



Obr. 66 Bezpečnostní spínač firmy MPM2-11R [16]

Světelná závora

Světelné závory představují nepřímá ochranná zařízení. V případě přerušení světelné závory se nebezpečný zařízení zastaví. Vzdálenost mezi nebezpečným pohybem a ochrannou světelnou závorou zvolte tak, aby se nebezpečný pohyb zastavil dříve, než dosáhne k pracovníkovi. Světelné závory je nutné kontrolovat, čistit a udržívat dle pokynů výrobce, viz podklady výrobce.

Bezpečnostní světelné závěsky C4000 Standard ATEX II 3G/3D, firmy SICK, dosah až 21 metrů.



Obr. 67 Světelná závora C4000 Standard ATEX II 3G/3D [15]

Laserový skener

Laserové skenery představují nepřímá ochranná zařízení a používají se jako:

- Ochrana před nebezpečnými pohyby během vkládání (např. pohyb robota v nebezpečné oblasti).
- Ochrana osob ohrazení osob od nebezpečných pohybů.

Laserové skenery je nutné kontrolovat, čistit a udržovat dle pokynů výrobce, viz podklady výrobce.

Bezpečnostní laserový skener S300 PROFINET IO Professional, od firmy SICK



Obr. 68 Laserový skener S300 PROFINET IO Professional [15]

Použité normy:

ČSN EN ISO 10218-1- Roboty a robotická zařízení, bezpečnost RP

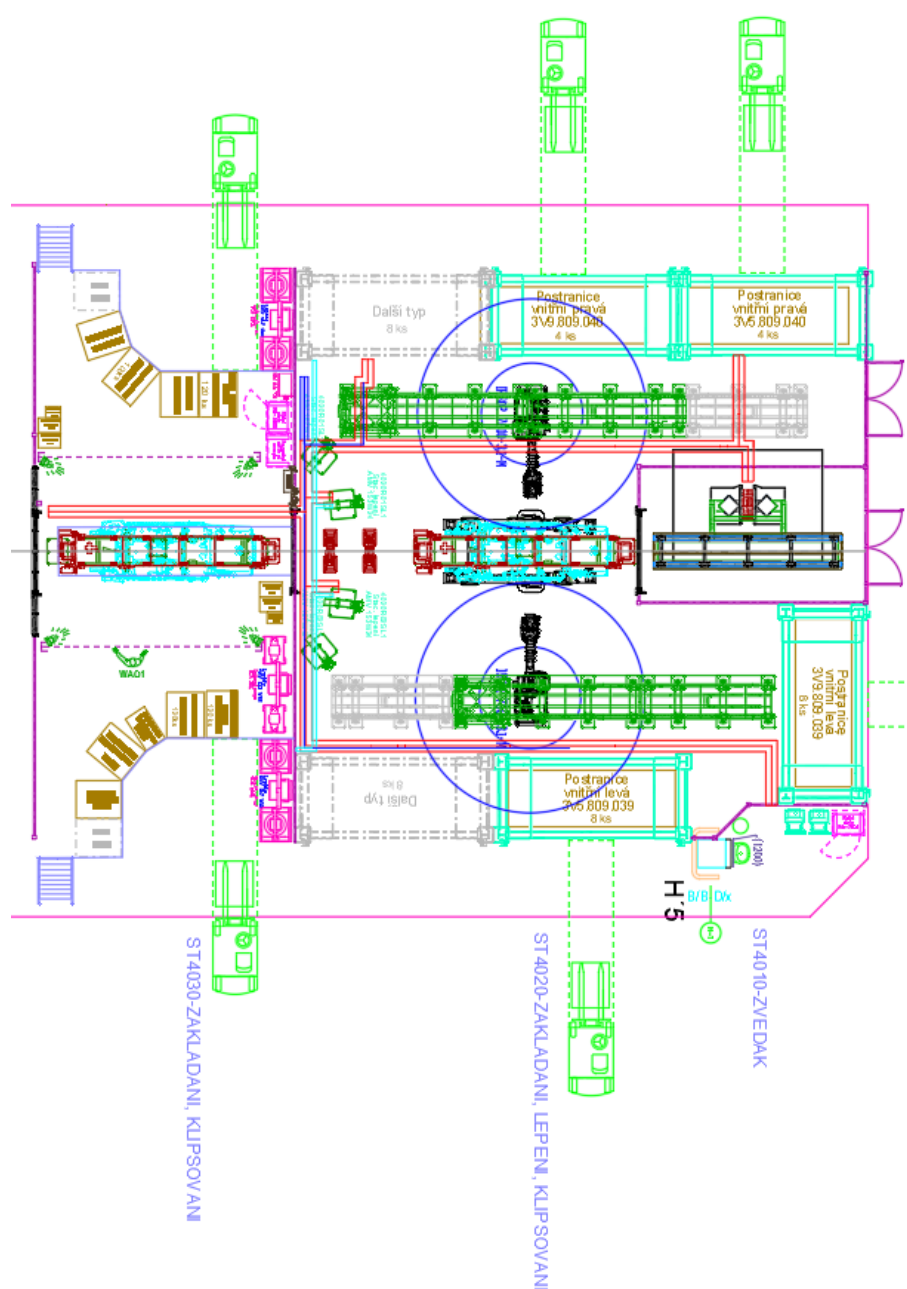
ČSN EN ISO 10218-1- Roboty a robotická zařízení, bezpečnost RP

CSN EN ISO 13850 Bezpečnost strojních zařízení- Nouzového zastavení- Zásady pro konstrukci

CSN EN ISO 13857 Bezpečnost strojních zařízení- Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečnými místům horními a dolními končetinami

9 Možnost rozšíření vybrané varianty

Vybraná výsledná varianta B se nabízí k přímému rozšíření výrobní oblasti o další variantu výsledného produktu. Tato varianta rozvržení pracoviště je koncepčně shodná s vybranou variantou po technologické stránce prováděných operací. Rozdílem této varianty je pouze dispoziční řešení jednotlivých oblastí pracoviště. Jsou zde přidány navíc dvě paletové věže, stanice 4030 pro manuální zakládání a klipsování dílů musela být zkrácena, rozšířena o pochozí a odkladné plochy jednotlivých dílů.



Obr. 69 Rozvržení možného rozšíření řešeného pracoviště

10 Závěr

V úvodní kapitole této práce byla popsána aktuální technologie robotické lepení a klipsování dílů, využívaná automobilovým průmyslem v dnešní době. Pro možná řešení robotického lepení byl osloven zástupce firmy SCA, specializující se na tuto problematiku.

Řešená oblast, výrobní linky byla v této práci podrobně zanalyzována včetně možnosti vyráběných variant výsledného produktu, technologických procesů a posloupnosti jednotlivých úkonů prováděných operátory jednotlivých pracovišť. Dále byly v diplomové práci vytvořeny plány pro lepení a klipsování. Nedílnou součástí této práce je časový harmonogram činností, simulující reálné časy. Lze se tak přiblížit reálně požadovaným časům jednotlivých činností, ať už operátorů či robotů.

V práci byly navrženy varianty robotizace řešené oblasti. Dle časového vyhodnocení a celkové ceny realizace, byla vybrána varianta B. Tato varianta splňuje požadavek snížení výrobního taktu ze 180 vteřin na 150 vteřin a umožňuje zvýšení výrobní kapacity linky z 430 kusů za den na 516 kusů za den. Výsledná varianta byla rozpracována včetně výběru jednotlivých periferních zařízení, tak i prvků pro zabezpečení řešené oblasti. Na závěr je v této práci představena možnost rozšíření vybrané varianty o další typ finálního produktu.

Seznam použité literatury

- [1] Lepení ve výrobě karoserie. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. Copyright © 2019 www.mmspektrum.com Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-ve-vyrobe-karoserie.html>
- [2] Service for Sealing and Gluing Technology | Dürr. 302 Found [online]. Dostupné z: <https://www.durr.com/en/service/sealing-gluing-technology/>
- [3] Gluing Solutions in Body in White | Dürr. 302 Found [online]. Dostupné z: <https://www.durr.com/en/products/sealing-gluing-technology/gluing-solutions-body-in-white/>
- [4] Gluing Solutions in Final Assembly | Dürr. [online]. Dostupné z: <https://www.durr.com/en/products/sealing-gluing-technology/gluing-solutions-final-assembly/>
- [5] Sealing & Gluing Applicators | Dürr. 302 Found [online]. Dostupné z: <https://www.durr.com/en/products/sealing-gluing-technology/sealing-gluing-application/applicators/>
- [6] Dispensing solutions - Atlas Copco Česká republika. *International Homepage* [online]. Copyright © 2020 Atlas Copco. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/cs-cz/itba/industry-solutions/automotive/dispensing-solutions>
- [7] SCA body shop system - Atlas Copco UK. *International Homepage* [online]. Copyright © 2020 Atlas Copco UK Holdings Ltd. [cit. 12.2.2020]. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/en-uk/itba/products/joining-solutions/industrial-dispensing-systems/sca-body-shop-dispensing-systems>
- [8] [online]. Dostupné z: <http://skola.hellebrand.cz/>
- [9] Ústav automatizace a měřicí techniky | Vysoké učení technické v Brně [online]. Copyright © [cit. 12.02.2020]. Dostupné z: http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~robotika/Vybrane_partie_z_robotiky.pdf
- [10] DENSO Robotics – Robots. DENSO Robotics – Robots [online]. Copyright © 2020 [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.densorobotics.com/>
- [11] [online]. Dostupné z: <https://www.poziadavka.sk/ponuky/ponuka-87761/Svarovani-CNC>

- [12]Pressenantriebe - Blechverbindungstechnik | TOX® PRESSOTECHNIK [online]. Copyright ©. Dostupné z: https://de.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX_Clinching-Technology_80_en.pdf
- [13]Lineare Roboter Verfahrsachsen | F.EE GmbH. Automatisierungstechnik und Industrieautomation | F.EE GmbH [online]. Dostupné z: <https://www.fee.de/automation-robotik/universal-verfahrsachsen.html>lion/applicators/
- [14]IRB 7600 - Industrial Robots from ABB Robotics. ABB Group - Leading digital technologies for industry [online]. Copyright © Copyright 2020 ABB [cit. 11.3.2020]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-7600>
- [15]Inovace | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 14.05.2020]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/inovace/inovace/w/new-products/>
- [16]Quick-Guard - Fencing systems (Safety Products) | ABB. ABB Group - Leading digital technologies for industry [online]. Copyright © Copyright 2020 ABB [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://new.abb.com/low-voltage/products/safety-products/fencing-systems/quick-guard>
- [17]Multifunctional Gate Box MGB | EUCHNER – More than safety.. 302 Found [online]. Dostupné z: <https://www.euchner.de/en-us/service/downloads/flyers/multifunctional-gate-box-mgb/>
- [18]Albany Doors US. Object moved [online]. Copyright © Entrematic Group AB, 2018 [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.albanydoors.us/en-us/aaes/albanydoorsus/>

Seznam příloh

- Časový harmonogram původního řešení, varianty řešení A, varianty řešení B
- Plán lepení
- Plán klipsování
- Standardizované časy jednotlivých operací
- Layout varianty A
- Layout varianty B
- Layout možnosti rozšíření varianty B